



وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

جامعة باجي مختار - عنابة



UNIVERSITE BADJI MOKHTAR -ANNABA-

Faculté des Sciences

Département de Biologie

Thèse

Présentée en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en sciences,

Option : Biologie Animale.

THEME

**Etude écophysiologique et systématique des Culicidae
dans la région de Tébessa et lutte biologique.**

Présentée par: M^{me}: **AÏSSAOUI Linda**

Jury:

Président : M. Nouredine SOLTANI.....Pr. Université Annaba

Directeur de thèse : M. Hamid BOUDJELIDA.....Pr. Université Annaba

Examineur : M^{me}. Nessima REHIMIPr. Université Annaba

Examineur : M^{me}. Fouzia TINE-DJEBBAR.....M.C.A. Université Tébessa

Examineur : M. BELHAMRA MohamedPr. Université Biskra

Examineur : M. Malik LAAMARIPr. Université Batna

Année universitaire:2013-2014

Remerciements

Je remercie avant tous, Dieu le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a donné durant toutes les longues années d'études afin que nous puissions arriver la.

J'exprime mes plus vifs remerciements à Monsieur SOLTANI N., Professeur au département de Biologie animale et directeur du laboratoire (LBAA), qui m'avoir fait l'honneur de présider ce jury.

Je tiens à exprimer mes plus vifs remerciements à M. BOUDJELIDA Hamid (professeur, au département de Biologie, université d'Annaba) qui fut pour moi un directeur de thèse attentif et disponible malgré ses nombreuses charges. Sa compétence, sa rigueur scientifique et sa clairvoyance m'ont beaucoup appris.

Comme je tiens à exprimer mes sincères remerciements à Mme REHIMI Nassima, Professeur au département de Biologie, l'université d'Annaba, d'avoir accepté de juger ce travail et d'avoir assisté à ma soutenance de thèse.

Toute ma considération à l'égard de M. BELNHAMRA Mohamed, Professeur au département d'agronomie, Université de Biskra qui m'a fait l'honneur de juger le présent travail.

Mes plus vifs remerciements vont à M. LAAMARI Malik, Professeur au département d'Agronomie, Université de Batna, pour avoir accepté de jury ce travail

Je remercie Mme TINE-DJEBAR Fouzia, Maître de conférences (A) à l'université Tébessa d'avoir accepté de faire partie de ce jury.

Mention spéciale à Madame KOUIDRI (ingénieur en géologie, hydraulique de Tébessa) pour ses aides très précieux donnés sur la région de Tébessa, service NRH qui m'a supporté et m'a permis de me lever motivé, le cœur léger et l'esprit tranquille depuis le début de ma thèse. Dr Ali BOUAZIZ (enseignant, université de Souk-ahras), M. CHABI Abdelhak (ingénieur en statistique) pour son aide remarquable.

Mes remerciements vont aussi à ma famille et mes amis qui, avec cette question récurrente, « quand est-ce que tu la soutiens cette thèse ? », bien qu'angoissante en période fréquente de doutes, m'ont permis de ne jamais dévier de mon objectif final. Merci à M. AISSAOUI Chafai, M. AISSAOUI Karim, pour leur affection maintes fois renouvelée.

Je remercie mon cher époux M. ZAIDI Adel pour son soutien quotidien indéfectible et son enthousiasme contagieux à l'égard de mes travaux comme de la vie en général. Notre couple a grandi en même temps que mon projet scientifique, le premier servant de socle solide à l'épanouissement du second.

Les mots les plus simples étant les plus forts, j'adresse toute mon affection

à ma famille, et en particulier à ma maman et mon père, leurs intelligence, leur confiance, leur tendresse, leur amour me portent et me guident tous les jours. Merci pour avoir fait de moi ce que je suis aujourd'hui.

Enfin je remercie tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à la réalisation de cette thèse.

Mes remerciements vont également à tous les membres de

Ma famille

À mes parents, mes beaux parents, mon mari, mes enfants mes frères et sœurs.

J'en oublie certainement encore et je m'en excuse. Merci

LINDA AÏSSAOUI

SOMMAIRE:

INTRODUCTION GENERALE.....	1
CHAPITRE 1:Inventaires et bioécologie des moustiques de la région de Tébessa.....	4
1. INTRODUCTION.....	4
2. MATERIELS ET METHODES	7
2.1. Présentation de la région d'étude (Tébessa).....	7
2.1.1. Présentation des sites d'étude.....	9
A- Stations de la commune de Tébessa	9
B- Station de la commune d'El Hammamet	9
C- Station de la commune de Morsott	10
D- Station de la commune d'Ouenza	10
E- Station de la commune de Mrij	10
2.2. Données climatiques de la région d'étude	12
2.2.1. La précipitation.....	12
2.2.2. La température	12
2.2.3. Diagramme ombrothermique	13
2.3. Inventaires de la faune Culicidienne de la région de Tébessa.....	14
2.3.1. Identification des espèces	14
2.3.2. Indices écologiques.....	15
2.3.2.1. Indices de compositions.....	15
A- Richesse spécifique (totale) et moyenne.....	15
B- Abondance relative	15

C- Fréquence d'occurrence	15
2.3.2.2. Indice de structures.....	16
A- Indice de diversité de Shannon- Weaver.....	16
B- Equitabilité (équirépartition)	16
2.3.3. L'analyse en composantes principales (A.C.P)	17
2.3.4. Paramètres physico-chimiques des eaux des stations d'étude	17
2.3.4.1. La température	18
2.3.4.2. Le PH (Potentiel Hydrogène)	18
2.3.4.3. Matière en suspension (MES)	18
2.3.4.4. Conductivité électrique.....	18
2.3.4.5. Oxygène dissous	18
2.3.4.6. Demande Biochimique en Oxygène	19
2.3.4.7. Chlorure	19
2.3.4.8. L'azote ammoniacal, les nitrites, les nitrates	19
3. RESULTATS.....	20
3.1. Inventaire des Culicidae dans la région de Tébesa en 2011.....	20
3.1.1. Caractéristiques morphologiques d'identification et bioécologie du genre <i>Culex</i>	23
3.1.2. Caractéristiques morphologiques d'identification et bioécologie du genre <i>Culiseta</i>	54
3.1.3. Caractéristiques morphologiques d'identification et bioécologie du genre <i>Aedes</i>	59
3.1.4. Caractéristiques morphologiques d'identification et bioécologie du genre <i>Uranotaenia</i>	64
3.1.5. Caractéristiques morphologiques d'identification et bioécologie du genre <i>Anophele</i>	65

3.2. Indices écologique	67
3.2.1. Richesse totale et moyenne des Culicidae de la région d'étude.....	67
3.2.2. Abondance relative et la fréquence des Culicidae du gîte de Fatma-El zohra.	68
3.2.3. Abondance relative et la fréquence des Culicidae du gîte de Marja.....	69
3.2.4. Abondance relative et la fréquence des Culicidae du gîte Copemad	71
3.2.5. Abondance relative et la fréquence des Culicidae du gîte El Hammamet.....	71
3.2.6. Abondance relative et la fréquence des Culicidae du gîte Morsott.....	72
3.2.7. Abondance relative et la fréquence des Culicidae du gîte Ouenza.....	73
3.2.8. Abondance relative et la fréquence des Culicidae du gîte Mrij.....	74
3.2.9. Abondance relative des espèces Culicidiene récoltée dans chaque site.....	76
3.3. Indice de diversité et d'équitabilité des espèces Culicidiene récoltée dans la région.	77
3.4. Etude spatio-temporelle des espèces de Culicidae dans la région d'étude.....	78
3.4.1. Variation spatio-temporelle des espèces de Culicidés du gîte Fatma-El zohra.....	78
3.4.2. Variation spatio-temporelle des espèces de Culicidés du gîte Marja.....	79
3.4.3. Variation spatio-temporelle des espèces de Culicidés du gîte Copemad.....	80
3.4.4. Variation spatio-temporelle des espèces de Culicidés du gîte El Hammamet.....	80
3.4.5. Variation spatio-temporelle des espèces de Culicidés du gîte Morsott	81
3.4.6. Variation saisonnière des espèces de moustique du gîte d'Ouenza	82
3.4.7. Variation saisonnière des espèces de Culicidae du gîte Mrij.....	82
3.5. Paramètres physico-chimiques des stations d'étude	83
3.5.1. Paramètres physico-chimiques de gîte Fatma- Elzohra	83
3.5.2. Paramètres physico-chimiques de gîte Marja	84

3.5.3. Paramètres physico-chimiques de gîte Copemad	85
3.5.4. Paramètres physico-chimiques de gîte El Hammamet	85
3.5.5. Paramètres physico-chimiques de gîte de Morsott.....	86
3.5.6. Paramètres physico-chimiques du gîte Ouenza.....	87
3.5.7. Paramètres physico-chimiques du gîte Mrij.....	88
3.6. Analyse des composantes principales à des différents gîtes d'études en fonction d'effectifs des espèces.....	88
4. DISCUSSION.....	91
CHAPITRE II:Essais de lutte biologique.....	99
1.INTRODUCTION.....	99
2. MATERIELS ET METHODES.....	102
2. 1. Matériel biologique.....	102
2.1.1. Position systématique.....	102
2.1.2. Cycle de développement des moustiques.....	103
A. Les œufs de moustiques.....	104
B. Les stades larvaires.....	104
C. Le stade Nymphal.....	105
D. Le stade adulte.....	105
2.1.3. Elevage de moustiques.....	105
2.2. Bio-insecticide (<i>Bacillus thuringiensisspisraelensis</i>).....	106
2.3. Essais toxicologiques.....	107
2.4. Effet du <i>Bacillus thuringiensis</i> Vectobac G sur le développement des moustiques	109

2.5. Effet du <i>Bacillus thuringiensis</i> Vectobac G sur le potentiel reproducteur des moustiques.....	109
3. RESULTATS.....	111
3.1. Toxicité du <i>Bt.</i> Vectobac G à l'égard des larves de <i>Culex pipiens</i>	111
3.1.1. Action directe du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L1 de <i>Culex pipiens</i>	111
3.1.2. Action cumulée du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L1 de <i>Culex pipiens</i>	113
3.1.3. Action directe du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L2 de <i>Culex pipiens</i>	115
3.1.4. Action cumulée du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L2 de <i>Culex pipiens</i>	117
3.1.5. Action directe du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L3 de <i>Culex pipiens</i>	119
3.1.6. Action cumulée du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L3 de <i>Culex pipiens</i>	121
3.1.7. Action directe du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L4 de <i>Culex pipiens</i>	123
3.1.8. Action cumulée du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L4 de <i>Culex pipiens</i>	125
3.2. Toxicité du <i>Bt.</i> Vectobac G sur les larves de <i>Culiseta longiareolata</i>	127
3.2.1. Action directe du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L1 de <i>Culiseta longiareolata</i>	127
3.2.2. Action cumulée du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L1 de <i>Culiseta longiareolata</i>	129
3.2.3. Action directe du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L2 de <i>Culiseta longiareolata</i>	131
3.2.4. Action cumulée du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L2 de <i>Culiseta longiareolata</i>	133
3.2.5. Action directe du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L3 de <i>Culiseta longiareolata</i>	135
3.2.6. Action cumulée du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L3 de <i>Culiseta longiareolata</i>	137
3.2.7. Action directe du <i>Bt.</i> Vectobac G sur le stade L4 de <i>Culiseta longiareolata</i>	139

3.2.8. Action cumulée du <i>Bt.Vectobac G</i> sur le stade L4 de <i>Culisetalongiareolata</i>	141
3.3. Effet du <i>Bt. Vectobac G</i> sur le développement de <i>Culex pipiens</i> et <i>Culisetalongiareolata</i>	143
3.3.1. Effet du <i>Bt. Vectobac G</i> sur la durée de développement de <i>Culex pipiens</i>	143
3.3.2. Effet du <i>Bt. VectobacG</i> .sur la durée de développement de <i>Culiseta longiareolata</i>	144
3.4. Longévité des stades de développement; après traitement des larves L4 de <i>Culex pipiens</i> et <i>Culiseatalongiareolata</i>	145
3.5. Effet du <i>Bt. vectobac G</i> sur Le potentiel de reproduction de <i>Culex pipiens</i> et <i>Culisetalongiareolata</i>	145
3.5. 1. Effet du <i>Bt. Vectobac G</i> sur le potentiel de la reproduction de <i>Culex pipiens</i> ; après traitement des L4.....	146
3.5.2. Effet du <i>Bacillus</i> sur le potentiel de la reproduction de <i>Culisetalongiareolata</i> ; après traitement des L4.....	146
4. DISCUSSION	147
CONCLUSION GENERALE	151
REFERENCES	155

ANNEXES :

-Résumés : (Français, Anglais, Arabe)

- Publication.

INTRODUCTION GENERALE:

Les insectes représentent plus de 60% de l'ensemble des espèces animales décrites et beaucoup d'entre eux restent sans doute encore inconnus. La classe des insectes a réussi à coloniser le quasi totalité des milieux naturels et à s'adapter à de nombreux modes de vie (Rodhain & Perez, 1985). Les insectes sont caractérisés essentiellement par la présence d'un exosquelette constitué par une cuticule rigide qui s'assouplit au niveau des articulations.

Le corps des insectes adultes est divisé en trois parties, la tête, le thorax et l'abdomen et comporte classiquement trois paires de pattes et deux paires d'ailes. Un certain nombre d'insectes sont hématophages, qui interagissent d'une manière régulière avec des vertébrés. Ces interactions les ont conduits à devenir au fil de l'évolution des vecteurs de pathogènes dont le cycle se partage entre ces vertébrés et les insectes. Les insectes sont parfois de simples véhicules pour les pathogènes, mais ils peuvent aussi être des hôtes intermédiaires voire obligatoires pour les pathogènes qui, dans ce dernier cas, réalisent une partie essentielle de leur cycle vital chez l'insecte.

Les moustiques sont des insectes qui appartiennent à la famille des Culicidae, classée dans l'ordre des Diptères et du sous-ordre des Nématocères. La famille des Culicidés se divise en trois sous-familles, les Toxorhynchitinae, les Anophelinae et les Culicinae; (Matile, 1993; Brunhes *et al.*, 1999). La faune culicidienne, par sa large distribution et ses fortes abondances est responsable de la nuisance (piques douloureuses et gênantes des Culicidae) et sont aussi impliqués dans la transmission de dizaines de maladies humaines et vétérinaires; comme le paludisme, qui est une maladie mortelle qui cause plus d'un million de décès humains chaque année, principalement dans les régions tropicales d'Afrique, Amériques et en Asie. l'*Anopheles gambiae* est le principal vecteur de paludisme à *Plasmodium falciparum* en Afrique sub-saharienne (El ouali lalami *et al.*, 2009). A leur propos, Rodhain & Perez (1985) écrivaient ceci: « les moustiques constituent le groupe de vecteurs le plus important en santé publique humaine. Ils sont impliqués dans la transmission du paludisme, de la fièvre jaune et de la dengue, des fièvres hémorragiques, des filarioses lymphatiques, etc. ». Ces caractéristiques accordent à cette faune une importance économique et un intérêt médical.

Les moustiques sont présents pratiquement dans tous les continents; sauf en Antarctique, à proximité des gîtes d'eau stagnante, nécessaires pour son développement et sa reproduction (Clement, 1999). Ce groupe d'insectes se repartie dans les régions

méditerranéennes, en Amérique, en Inde, en Europe septentrionale, en Europe méditerranéenne, en Asie et à Madagascar (Senevet & Andarelli, 1963). En France, la faune culicidienne est d'une vaste répartition, elle comprend 7 genres et 54 espèces, représentées par les espèces montagneuses, les espèces méditerranéennes et nordiques (Rageau & Adam, 1952). Au Maroc, 50 espèces de moustiques réparties entre 7 genres et 15 sous genre, ont été signalées depuis le début de ce siècle, dix d'entre elles sont restées douteuses ou signalées d'une manière incertaine: *Aedes pullatus*, *Aedes vittatus*, *Anopheles hyrcanus*, *Anopheles gambae*, *Culex apicalis*, *Culex duttoni*, *Culex Fatigans*, *Culex Territans*, *Culiseta litorea* et *Culiseta morsitans*. (Trari *et al.*, 2002).

En Algérie seules les deux sous-familles Culicinae et Anophelinae sont représentées (Berchi, 2000) avec six genres. Celle des Culicinae séparés en 11 tribus (Harbach *et al.*, 1995). Les espèces culicidiennes connues actuellement en Algérie, sont au nombre de 48 (Brunhes *et al.*, 1999). *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* représentent les espèces de moustiques les plus importantes en Algérie (Boudjelida *et al.*, 2008).

Les Culicidae, se trouvent dans différentes parties de l'Algérie, le *Culex* est signalé dans toutes les zones urbaines et suburbaines du nord Algérien même dans le massif du Hoggar (Berchi, 2000; Senevet & Andarelli, 1956). Les *Aedes* tel que *Aedes punctor* (Senevet, 1939) et *Aedes aegypti*, sont signalés comme des espèces propres aux villes côtières, la présence des *Anopheles* est reportée pour la première fois à Mozaia dans le massif de Tigimount, au Sud- Est d'Alger (Senevet & Andarelli, 1954). Dans la région semi-aride, la faune culicidienne a fait l'objet d'un nombre de travaux qui s'intéressent plus particulièrement à la systématique, la biochimie, la morphométrie, la lutte chimique et biologique à l'égard des moustiques (Hamaidia, 2004; Aissaoui, 2008; Tine-Djebbar, 2009; Messai, 2011).

Pour rendre efficace une lutte chimique ou biologique contre ces Culicidae, une étude écologique préalable s'impose. De ce fait, la connaissance du milieu aquatique dans lequel évoluent les stades préimaginaux, des variations spatio-temporelles du développement et les activités des peuplements culicidiens est nécessaire. L'installation de fortes populations culicidiennes en milieu aquatique dépend essentiellement des caractéristiques physico-chimiques de l'eau. Ces dernières, étudiées par plusieurs auteurs (Louah, 1995; Berchi, 2000; El ouali lalami *et al.*, 2010; Ghazali & Zaid, 2013) permettent de caractériser différents type

du milieu, de les différencier dans l'espace et dans le temps mais également de dégager les conditions favorables pour le développement des moustiques.

Les moustiques sont généralement contrôlés par les pesticides conventionnels, qui ont montrés des effets secondaires sur les organismes non visés et l'environnement et l'apparition du phénomène de résistance chez les espèces traitées (Georgiou & Lagunes-Tejeda, 1992), ceci a encouragé la proposition d'autres moyens de luttés. La méthode biologique, a fait l'objet d'une nouvelle lutte, plus sûre, plus sélective. Elle est représentée par l'utilisation de micro-organisme, champignons, poissons et même des extraits végétaux. Ces dernières induisent des effets toxiques contre différentes espèces de Diptères (Bendali, 1989; Lepage *et al.*, 1992; Bendali *et al.*, 2001; Saleh *et al.*, 2003; Aouinty *et al.*, 2006). Parmi les alternatives qui ont été proposées, l'utilisation des microorganismes comme le *Bacillus thuringiensis* découvert par Golberg & Margalit (1977), qui apparaît comme particulièrement prometteur contre les larves de moustiques. Le *Bacillus* figure parmi les molécules biologiques le plus utilisé, tel que les toxines bactériennes de *Bacillus sphaericus* ou de *Bacillus thuringiensis*, actives par ingestion, présentent une totale innocuité pour les mammifères et constituent en règle générale la meilleure alternative aux insecticides chimiques (Hougart *et al.*, 1994). Le *Bacillus thuringiensis* induit une mortalité importante chez les larves de *Culex pipiens* (Saleh *et al.*, 2003; Boudjelida *et al.*, 2008).

Le présent travail consiste à une mise à jour de connaissance et à l'élaboration de la liste des espèces culicidiennes, du Nord- Est Algérien (région semi-aride).

Le premier chapitre de la thèse vise à apporter des connaissances sur l'écologie et la biologie larvaire des moustiques est consacrée à une étude systématique et bioécologique des Culicidae dans la région de Tébessa par l'étude des paramètres physiques et chimiques mises en œuvre tout au long de ce travail et une présentation par les indices écologiques des résultats de l'inventaire des larves récoltées.

Le deuxième chapitre est consacré à une étude toxicologique à l'aide d'une formulation commerciale du *Bacillus thuringiensis* vectobac G, à l'égard de deux espèces de moustiques *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* qui ont été choisis, en raison de leur large abondance dans la région d'étude.

1. INTRODUCTION:

Les insectes sont des Arthropodes, caractérisés par une diversité d'espèces qui sont présentes dans tous les différents milieux écologiques. Leur développement est caractérisé par mues successives permettant la croissance et le changement morphologique de l'animal (Rodhain, 1996) et le passage au stade adulte et soumis à un processus appelé la métamorphose. Les insectes amétaboles considérés comme primitifs, ne sont pas soumis à des métamorphoses complètes et qui subissent uniquement des mues post-imaginale. Les Hétérométaboles sont des types d'insectes à métamorphose incomplète, qui deviennent adultes à l'issue de la mue imaginaire et en dernier les holométaboles représentent les insectes à métamorphose complète qui subissent successivement au cours de leur développement post-embryonnaire, trois phénotypes différents; larve, nymphe puis adulte.

Parmi les nombreux ordres appartenant à la classe des insectes, les diptères et plus particulièrement la famille des Culicidae. Cette famille est divisée en trois sous-familles; les Toxorhynchitinae, les Anophelinae et les Culicinae, et comprend environ 3000 espèces. Les Culicidae, appelés communément les moustiques, sont des insectes hématophages, présentent une préoccupation majeure en termes de développement économique et de santé publique. Les moustiques en plus de leur nuisance sont des vecteurs actifs de plusieurs agents pathogènes, tels que les protozoaires (paludisme), des virus (fièvre jaune, dengue et West Nile) et des nématodes (filariose) qu'ils transmettent à l'homme et aux animaux domestiques et son histoire n'a appris toute son importance qu'avec la connaissance de l'éthologie de certaines maladies infectieuses et la découverte de l'agent microbien.

Les milieux aquatiques, nécessaires pour le développement des stades pré-imaginaires (œuf, larve et nymphe) ont des caractéristiques très variables et ne sont pas stables ni dans le temps ni dans l'espace. Barbault (1983) rapporte que les paramètres physico-chimiques jouent un rôle primordial, car ils interviennent non seulement dans la biologie de chaque espèce mais aussi dans la dynamique de la biocénose toute entière. Les habitats aquatiques des espèces de moustiques acceptent les eaux de composition variée et de nature diverse, depuis l'eau de source ou de pluie jusqu'à celle des égouts lourdement souillée, contenant une forte proportion en substances chimiques (Seguy, 1947). Les gîtes sont des collections d'eaux plus ou moins stables dans lesquelles les stades préimaginaires des moustiques peuvent se développer. Les gîtes larvaires sont particulièrement diversifiés selon les genres et les espèces et comprennent les eaux courantes (torrent de montagne, rivière) ou stagnantes (étang, marais,

rizières, marécage, bord de rivière, fossé, flaque), ensoleillées ou ombragées (en forêt), de grande dimension (lac, fleuve) ou de petite taille (feuille morte), à forte teneur en sels minéraux (eau de mer ou eau saumâtre), ou chargées de matières organiques ou artificielles (cave de bâtiment, bassin, citerne, rejet d'égout, abreuvoir, ect...)

La croissance urbaine observée en Algérie, trop rapide et mal contrôlée, favorise la pullulation de divers Arthropodes dont les moustiques en favorisant les conditions de développement des moustiques. La mauvaise conception du réseau de drainage et des évacuations des eaux usées et l'insuffisance d'approvisionnement en eau courante sont les principales causes de la mise en place des conditions de développement de ses insectes.

La prolifération et l'abondance des stades larvaires dans les gîtes dépendent des facteurs physico-chimiques tels que la température, la composition chimique de l'eau du gîte, les mouvements de l'eau et la pollution (Herrel *et al.*, 2001).

La présente partie du travail est consacrée à une étude bioécologiques et inventaires de la faune culicidienne dans la région de Tébessa. L'analyse physico-chimique des eaux des stations prospectées est réalisée, pour objectif de déterminer l'impact et de corrélérer certains facteurs sur la présence ou l'absence des espèces de moustiques identifiées dans les stations d'études. La comparaison des peuplements des écosystèmes étudiés est réalisée dans un premier temps par une étude globale de la structure pour comparer les peuplements des gîtes.

L'étude de la structure est réalisée à partir de la composition biotique des stations; richesse taxonomique, abondance relative des différents taxons, l'étude spatio-temporelle et l'étude globale de l'organisation des communautés des gîtes.

Les Culicidae présentent des caractères morphologiques généralement clairs, qui facilitent l'identification de la famille et de permettre une bonne description de l'espèce. En revanche, leur regroupement en sous-famille et en genres ou en sous-genres est beaucoup plus complexe (Himmi *et al.*, 1995). La systématique des Culicidae peut être étudiée à l'aide des clés dichotomiques qui permettent l'identification des espèces en se basant sur un ensemble de critères et de descripteurs microscopiques très précis.

La systématique culicidienne d'Algérie remontent au siècle dernier et est représentée par les travaux de Senevet & Andarelli (1954; 1956; 1958; 1959a; 1963a; 1963b; 1964a; 1964b; 1966).

Au cours des dernières décennies la faune culicidienne a fait l'objet de plusieurs recherches, en Algérie, qui s'intéressent particulièrement à la systématique, la lutte chimique et biologique et la biochimie à l'égard des moustiques des différentes régions du pays.

Dans ce travail, une partie particulière constitue une contribution à la connaissance systématique de la faune culicidienne de la région de Tébessa. Cette étude intervient dans un but de compléter les travaux antérieurs et à la mise à jour de connaissance et à l'élaboration de la liste des espèces de moustiques de la grande région Nord-Est Algérien.

2. MATERIELS ET METHODES:

Cette partie de travail est destinée à la mise à jour des connaissances des moustiques et leurs bioécologies dans la région de Tébessa.

2.1. Présentation de la région d'étude (Tébessa):

La région de Tébessa appartient à l'Atlas Saharien, chaîne montagneuse linéaire, qui s'étend en Algérie d'Ouest en Est, et se prolonge au-delà de la frontière sous le nom d'Atlas Tunisien (Figure 1) se situe dans le Nord-Est de l'Algérie, dans la wilaya (circonscription) de Tébessa, qui borde la frontière Tunisienne à l'Est. Cette Wilaya, Avec ces 13878 km² se rattache naturellement à l'immense étendue steppique du pays, elle est limitée au Nord par la wilaya de Souk-Ahras, à l'Ouest par les wilayas d'Oum El Bouaghi et Khenchela, au Sud par la wilaya d'El Oued et à l'Est, sur 300 Km de frontières avec la Tunisie (Ruault-djerrab *et al.*, 2012) (Figure 2).



Figure 1: Situation géographique de la région de Tébessa (Google Maps).

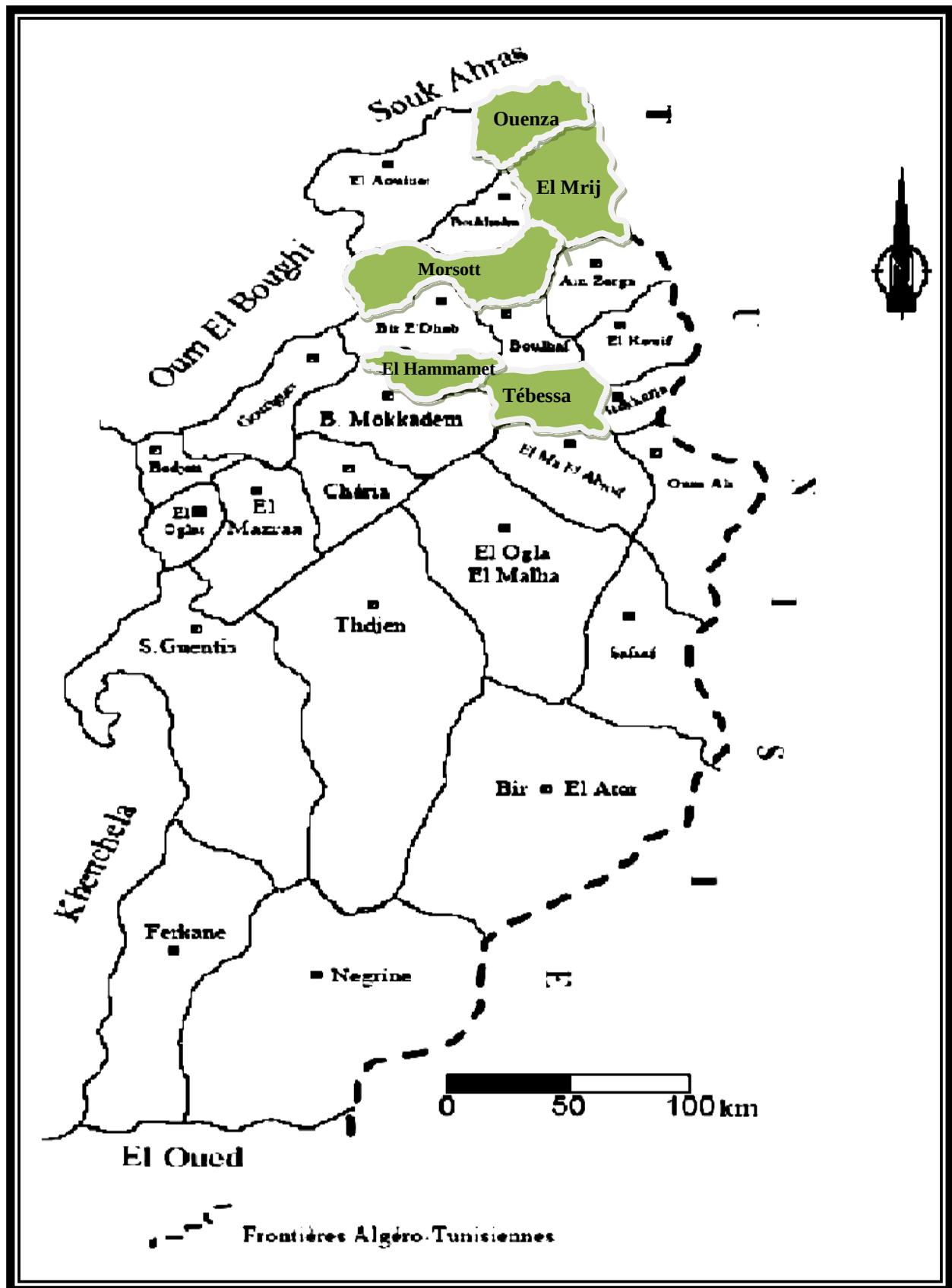


Figure 2: Localisation des stations d'études dans la région de Tébessa (Service de Cadastre, Tébessa).

2.1.1. Présentation des sites d'étude:

Les stations sélectionnées pour la présente étude sont au nombre de 7; 3 stations sont localisées au niveau de la commune de Tébessa et 4 stations sont réparties dans les communes : El Hammamet, Morsott, Ouenza et Mrij.

Les prélèvements des échantillons des stades pré-imaginaux des moustiques sont effectués à partir des collections d'eau choisie, par contre les adultes sont capturés à l'intérieur des habitations. Les gîtes larvaires sont hypogés ou épigés et classés en fonction de l'habitat: urbain (centre-ville), périurbain (à la périphérie de la ville) et rural (en retrait de toute agglomération humaine).

A- Stations de la commune de Tébessa:

Les stations de la commune de Tébessa sont représentées par des gîtes localisés dans des endroits différents au sein de l'agglomération de la ville (Figure 2).

Gîte 1: Se gîte est présenté par un bassin d'irrigation (1,5m × 1m) qui se trouve dans un jardin d'une villa située à la cité de Fatma-El zohra, située aux Nord du chef-lieu Tébessa (Figure 3).

Gîte 2: Se site de prélèvement est un marais dispersé dans une grande surface, dans une zone considéré comme suburbaine connu sous le nom de Marja. Il est situé à l'Est du chef-lieu de la wilaya de Tébessa; limité au Nord par El Kouif, au sud par El Houidjbet et à l'Ouest par la ville de Tébessa tandis qu'à l'Est par les frontières Algero-Tunisienne (Figure 4).

Gîte 3: Se site est une cave inondée située au sous-sol d'un immeuble de la cité Copemad dans la ville de Tébessa (Figure 5).

B- Station de la commune d'El Hammamet:

La commune d'El Hammamet, appartient au domaine des hautes plaines de l'Est Algérien aux confins Algéro-tunisien plus précisément sur la zone de Nemmemcha, d'une longueur d'environ 7,7 km et un largeur de 2,24 km étendu sur une superficie d'environ 17,25 km². Cette zone est bordée au Nord par la commune de Morsott, à l'Est par la commune de Tébessa et Boulhef- El Dyr et au Sud par la commune de Cheria (Figure 2).

Gîte 4: Ce gîte est une retenue d'eau stagnante, située à proximité d'une usine de boisson gazeuse (youkous) le gîte est pauvre en végétation (Figure 6).

C- Station de la commune de Morsott:

La commune de Morsott se situe à 33 km du chef-lieu Tébessa avec une superficie de 296 km². L'altitude est de 256 m, elle est limitée par la commune d'Ain- El zarga à l'Est, Bir El dhab au sud et la commune de Boukhadra et Laouinet au Nord (Figure 2).

Gîte 5: C'est un bassin en ciment, construit à proximité d'un chantier abandonné (Figure 7).

D- Station de la commune d'Ouenza:

La commune d'Ouenza est une localité située à 70 km au Nord- Est de la wilaya de Tébessa avec une surface de 124 km². Elle est limitée par les communes de Sidi Fradj et Taoura, au Nord, les communes de Boukhadra et Mrij au Sud, la commune d'El- Aouinet à l'Ouest la frontière Algero-Tunisiennes à l'Est. (Figure 2)

Gîte 6: le présent site est une fosse, avec une végétation de genre *Juncus effusus* qui recouvre toute la bordure. Cette végétation verticale offre un microclimat favorable pour le développement des larves, situé dans le sud de la commune d'Ouenza au voisinage d'une usine (Figure 8).

E- Station de la commune de Mrij:

La commune de Mrij est située au Nord de la wilaya de Tébessa (62 Km du chef-lieu Tébessa), avec une altitude moyenne de 600 m par rapport au niveau de la mer, elle couvre une superficie de 297 km², limitée par la commune d'Ouenza au Nord, la commune de Morsott et Ain zarga au Sud, le territoire Tunisien à l'Est et la commune de Boukhadra à l'Ouest (Figure 2).

Gîte 7: C'est un cours d'eau des évacuations dans Oued Melègue, polluée et d'une mauvaise odeur, sa couleur allant du vert au noir. Néanmoins, la végétation y est présente aux milieux et en bordure du gîte (Figure 9).



Figure 3: Gîte de prélèvement du site Fatma El- zohra.



Figure 4: Gîte de prélèvement du site Marja.



Figure 5: Gîte de prélèvement du site de Copemad.



Figure 6: Gite de prélèvement du site El Hammamet.



Figure 7: Gîte de prélèvement du site de Morssot.



Figure 8: Gîte de prélèvement du site Ouenza.



Figure 9: Gîte de prélèvement du site Mrij.

2.2. Données climatiques de la région d'étude:

Les caractéristiques climatiques de la zone d'étude ou la région de Tébessa sont dominées par un climat de hautes plaines telliennes, caractérisés par un régime continental et la majeure partie de la région appartient à la zone de tendance aride à semi- aride. Le climat est le résultat de différents éléments, comme la température et la pluviosité qui sont susceptibles d'agir sur les Culicidae. Pour l'étude de ces éléments nous nous sommes basés sur les données météorologiques prises de la station météorologique de Tébessa durant l'année 2011.

2.2.1. La précipitation:

La pluviométrie constitue un facteur écologique fondamental. D'après le tableau 1 la pluviométrie de 2011 atteint son maximum au mois d'octobre, avec la moyenne 85,6 mm, alors que le mois de novembre est le plus sec avec une moyenne très basse de précipitation 3,4 mm.

Tableau 1 : Variation mensuelle de précipitation (mm) dans la région de Tébessa sur une période d'une année (2011) (Service de la météo-Tébessa).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Moyennes (mm)	27	60,3	62,7	38,7	42,4	44,4	29,1	6	10	85,6	3,4	5,7

2.2.2. La température:

La température a un rôle déterminant dans le développement biologique des moustiques. Le mois de février marque la moyenne de température la plus basse pour l'année 2011, puis janvier avec une moyenne 7,6 C°. Les températures les plus élevées sont marquées au mois de juillet et août avec les moyennes 27,5 C° et 27 C° respectivement (Tableau 2).

Tableau 2: Moyennes de température durant une année (2011) dans la région de Tébessa (service de la météo- Tébessa).

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Septembre	Octobre	Novembre	Décembre
Moyennes (C°)	7,6	6,4	9,5	14,8	17,4	22,4	27,5	27,0	23 ,5	15,7	12.3	7,9

2.2.3. Diagramme ombrothermique:

Le diagramme ombrothermique est un mode de représentation classique du climat d'une région, il met en évidence les régimes thermiques et pluviométriques d'un site donné (Dajoz, 2006).

Le climat est sec quand la courbe des températures se trouve au dessus de celle des précipitations. Ainsi le climat est humide dans le cas contraire (Dreux, 1980).

Le diagramme ombrothermique de la région de Tébessa durant l'année 2011 révèle l'existence d'une période sèche qui s'étend sur huit mois allant de avril jusqu'à janvier. Cette période est entrecoupée par une période humide en octobre et une deuxième période humide s'étale du début de février jusqu'à le mois de mars (Figure 10).

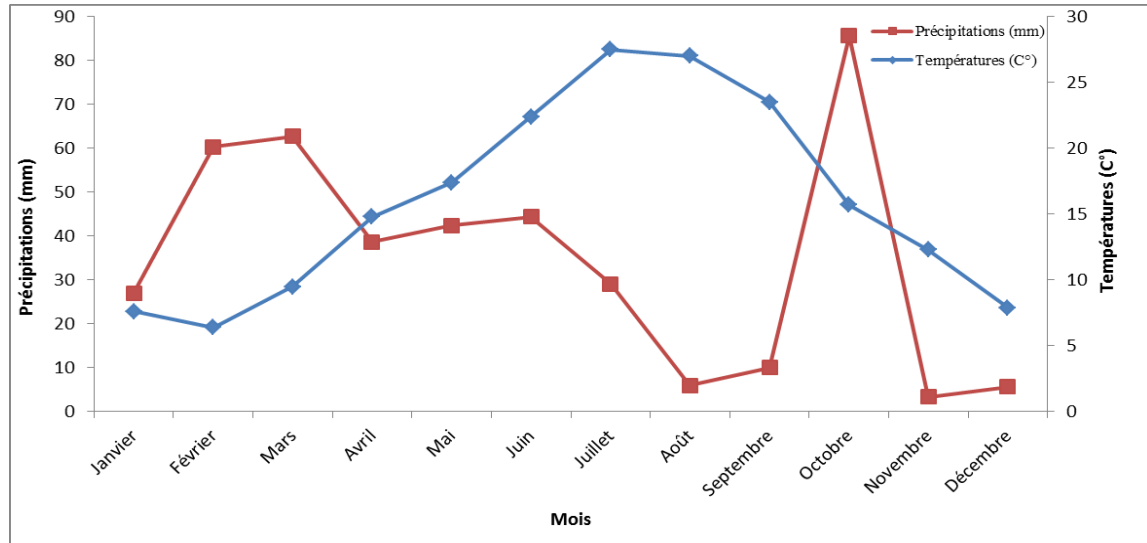


Figure 10 : Diagramme ombrothermique de la région de Tébessa pour l'année 2011.

2.3. Inventaires de la faune Culicidienne de la région de Tébessa:

L'étude de l'inventaire des moustiques des différentes stations est effectuée par deux sorties chaque mois de l'année 2011. Durant chaque sortie de nombreux prélèvements des paramètres physico-chimiques et des échantillonnages sont réalisés pendant la même période de la journée (Mi-journée). Au laboratoire les échantillons des larves de chaque stations, sont triés par stade larvaire et déposés dans de l'eau de l'élevage afin d'atteindre le 4^{ème} stade de développement. Les larves du L4 sont conservées dans de l'alcool éthylique à 70° pour une éventuelle préparation de lame pour l'identification des espèces de moustiques.

2.3.1. Identification des espèces:

L'identification des larves et des adultes de Culicidae a été basée sur les travaux de Rioux (1958) et Himmi *et al.*, (1995), ainsi que l'utilisation de deux éditions de logiciel d'identification, réalisés par Brunhes *et al.* (1999; 2001), à partir des lames préparées des selon la technique décrite par Matile (1993).

Durant la première étape de la préparation, Les larves ou les adultes de moustiques sont portées à ébullition sur plaque chauffante dans une solution de potasse à 10 %. Ils sont, par la suite rincer à l'eau distillée pendant trois ou quatre minutes, puis a de l'éthanol absolu (100°) pendant 3 minutes. Finalement les spécimens sont mis dans un bain de toluène pendant 2 minutes. La dissection des larves est faite à l'aide de pinces fines dans un verre de montre sous loupe binoculaire, et la tête et l'extrémité abdominale ; où résident les principaux critères de détermination, sont récupérés. L'identification de certaines espèces nécessite l'examen des

structures internes d'un adulte notamment la capsule génitale. Le montage des lames se termine par l'ajout d'une goutte de glycérine sur l'organe déposé sur la lame puis est recouverte d'une lamelle. L'observation de ces derniers se fait sous microscope photonique.

2.3.2. Indices écologiques:

L'analyse des données obtenues relatives aux espèces Culicidiennes inventoriées, est réalisée par le calcul des indices écologiques et des méthodes statistiques.

2.3.2.1. Indices de compositions:

Ils sont représentés par :

A- Richesse spécifique (totale) et moyenne:

La richesse totale d'un peuplement est exprimé par me nombre d'espèces (S) inventoriés dans la zone d'étude. Par contre la richesse moyenne (S') est le quotient du nombre total d'individu (Ki) pour chaque espèce sur le nombre total de prélèvements effectués (N).

$$S' = Ki/N$$

B- Abondance relative:

La fréquence (F) est le pourcentage des individus d'une espèce (ni) par rapport au nombre total des individus (N) (Dajoz, 1971).

$$F = (ni \times 100) / N$$

ni : Abondance spécifique de l'espèce i.

N : Abondance du peuplement.

C- Fréquence d'occurrence:

Parmi les indices écologiques de composition utilisés pour l'exploitation des résultats, la fréquence d'occurrence d'une espèce, qui présente le rapport exprimé en pourcentage du nombre de prélèvements où cette espèce est notée au nombre total de prélèvements effectués:

$$F = P/P' \times 100$$

F: est la fréquence d'occurrence de l'espèce. P est le nombre total de prélèvements contenant l'espèce prise en considération. P' est le nombre total de prélèvements faits.

En termes de constance, Dajoz (1985) distingue trois groupes. Les espèces du premier groupe sont qualifiées de constantes (espèces communes) lorsqu'elles se retrouvent dans 50 % ou plus des relevés effectués dans une même communauté. Celles du second groupe sont accessoires car elles ne sont présentes que dans 25 à 49 % des prélèvements. Enfin, les espèces accidentelles possèdent une fréquence d'occurrence inférieure à 25 %.

2.3.2.2. Indice de structures:

A- Indice de diversité de Shannon- Weaver:

L'indice de diversité de Shannon & Weaver, (1963), permis d'avoir de information ; apportée par un échantillon, sur les structures du peuplement dont provient l'échantillon et sur la façon dont les individus sont répartis entre plusieurs espèces. Il est calculé selon la formule suivante :

$$H' = - \sum [P_i \log_2 P_i] \text{ ou } P_i = n_i/N$$

H': Diversité spécifique, exprimé en Bit par individu (Binary digit).

P_i: fréquence relative de l'espèce i dans un peuplement.

n_i: Effectif de l'espèce i

N: Effectif total du peuplement.

B- Equitabilité (équirépartition):

Le test statistique permettant de dire si un type particulier d'espèces est significativement plus représenté a été effectué à l'aide de l'indice d'équitabilité de Piélou (Huston 1994, Dajoz 2003, Frontier *et al.* 2008). L'équitabilité (E), résulte du rapport de la fonction d'information de Shannon (1948), H, pour les occurrences et de la valeur théorique maximale (H'max).

L'équitabilité constitue une seconde dimension fondamentale de la diversité (Ramade, 1984). Elle est le rapport entre la diversité spécifique (H') et la diversité maximale ($H_{\max}$), elle s'exprime comme suit :

$$E = H' / H_{\max} \quad \text{avec} \quad H_{\max} = \log_2 (S)$$

H' : Est l'indice de diversité de Shannon- Weaver exprimé en bits.

$H'_{\max}$: C'est la diversité maximale en bits, Elle égale à $H'_{\max} = \log_2 S$, S étant le nombre d'espèces.

L'indice d'équirépartition E est compris entre 0 et 1. S'il tend vers 1, les effectifs des espèces de peuplement sont en équilibre entre elles (Ramade, 1984).

2.3.3. L'analyse en composantes principales (A.C.P):

Cette analyse permet la comparaison de l'ensemble des espèces par rapport aux différents paramètres des stations (caractéristiques des stations). Elle consiste à regrouper les moyennes (X) pour chaque station des différentes espèces sur une même colonne et de comparer en suite les variantes deux à deux afin de déterminer les similitudes et les variations intra et entre les différentes stations. Le traitement des données pour l'analyse statistique A.C.P, est effectué à l'aide d'un logiciel XL STAT 2006.

2.3.4. Paramètres physico-chimiques des eaux des stations d'étude:

Appréciation de la qualité des eaux des sites étudiée a été basée sur l'évaluation de nombreux paramètres physico-chimiques tels que, température ($^{\circ}\text{C}$), le PH (Potentiel Hydrogène), la conductivité, les matières en suspension, la demande biochimique en oxygène, oxygène dissous, chlorure et les formes d'azote. Ses paramètres servent à définir les caractérisations de chaque station étudiée. Leur connaissance peut expliquer globalement le développement et l'évolution des organismes aquatiques. Aussi ses données peuvent servir comme un moyen de comparaison entre les stations et la diversité des peuplements Culicidiennes. Ses paramètres sont prélevés dans les différents sites d'échantillonnage et durant chaque sortie pour les prélèvements, pendant toute la période d'étude.

2.3.4.1. La température:

Ce paramètre révèle un impact direct sur le développement et le cycle biologique de la plupart des insectes aquatiques. La température agit en particulier sur la durée de développement des stades larvaire.

2.3.4.2. Le PH (Potentiel Hydrogène):

Le PH est mesuré avec un PH mètre type Hanna HI 8424. Il Présente la concentration en ions H^+ de l'eau. Il traduit ainsi la balance entre acide et base sur une échelle de 0 à 14,7 étant le PH de neutralité. Ce paramètre caractérise un grand nombre d'équilibre physico-chimique et dépend de facteurs multiples, dont l'origine de l'eau.

2.3.4.3. Matière en suspension (M.E.S):

Ses matières sont estimées par la méthode de filtration AFNOR (NF EN 872). Elles sont déterminées par filtration d'un échantillon d'eau et séchage des matières retenues. Les MES contribuent à déséquilibrer le milieu aquatique en accroissant la turbidité. Elles contribuent à diminuer l'oxygène dissous, qui en conséquence peut limiter la durée du développement de la vie aquatique et à créer des déséquilibres entre diverses espèces.

2.3.4.4. Conductivité électrique:

La conductivité électrique représente la résistance qu'oppose l'eau au passage d'un courant électrique. Elle est exprimée en $\mu S/cm$. C'est un paramètre d'appréciation des concentrations globales des matières en solution (éléments ionisés dissous) dans l'eau. Elle est mesurée par un conductivimètre.

2.3.4.5. Oxygène dissous:

La mesure de l'oxygène dissous est estimée par la méthode photométrique (hi 83099- hi 83200). La concentration en oxygène dissous est un paramètre essentiel dans le maintien de la vie, et donc dans les phénomènes de dégradation de la matière organique et de la photosynthèse. Sa teneur est déterminée principalement par la respiration des organismes aquatiques, l'oxydation des polluants, l'activité photosynthétique de la flore et les échanges avec l'atmosphère. Le stock d'oxygène est très limité et par conséquent il devient très fragile. Cette saturation ou solubilité maximal st en fonction de la température et de la salinité.

L'éclosion des œufs en diapause de certaines espèces est tributaire de ce facteur (Himmi, 2007).

2.3.4.6. Demande Biochimique en Oxygène:

Cette étude est réalisée par la méthode de dilution Afnor (NF EN 1899-1). Les phénomènes d'autoépurations dans les eaux superficielles résultent par la dégradation des charges organiques polluantes par les micro-organismes. L'activité de ces derniers tend à consommer de l'oxygène et c'est cette diminution de l'oxygène dans le milieu qui est mesurée par la DBO5. En effet, à 20°C la dégradation des matières organiques commence immédiatement. Il a été conventionnellement retenu d'exprimer la DBO5 en mg/l d'oxygène consommé pendant 5 jours à 20°C.

2.3.4.7. Chlorure:

La mesure du chlorure est effectuée par la méthode par titrimétrie Afnor (NF iso 9297). Il est composé d'un atome de chlore chargé d'un électron supplémentaire; c'est un ion négatif (anion), dit *halogénure*; un atome de chlore ayant gagné un électron. Il est aussi produit lors de la dissociation du chlorure d'hydrogène dans l'eau. Des chlorures peuvent être localement impliqués dans les pluies acides et phénomènes d'acidification d'eaux superficielles ou souterraines.

2.3.4.8. L'azote ammoniacal, les nitrites, les nitrates:

Les quantités de ces molécules sont estimées selon la méthode Afnor par spectrophotomètre UV-visible light wave 2 (190 nm-1100 nm). L'azote peut se présenter sous les formes suivantes : azote organique, ammoniac, nitrite et nitrate. La somme de ces quatre formes constitue l'azote total. L'ammoniac est la principale forme d'azote utilisée par les bactéries pour l'oxydation de la DBO. Les bactéries commencent leur travail dès qu'ils entrent en contact avec la DBO. C'est pourquoi il est très important que l'ammoniac soit présent au début du processus de traitement biologique. Les nitrites (NO₂-) : Polluants chimiques les plus répandus, les nitrites sont produits par l'oxydation de l'ammoniaque ou proviennent de déchets agricoles, urbains et industriels. En aquaculture et dans les aquariums d'eau douce, les nitrites doivent être contrôlés car ils sont très toxiques. Les nitrates (NO₃-) est un nutriment essentiel pour les plantes et doit être contrôlé afin de maintenir leur santé et leur rendement. Cependant, des niveaux excessifs sont nuisibles et peuvent même brûler les plantes.

3. RESULTATS:

3. 1. Inventaire des Culicidae dans la région de Tébessa en 2011:

A partir des résultats obtenus, 4250 individus de Culicidae ont été récoltés au niveau des différentes stations de la région de Tébessa. L'analyse de la composition en espèces de Culicidae dans les différents gîtes d'études montre en premier lieu que chaque milieu présente une particularité faunistique. En effet, d'après le tableau 4 *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* se trouvent dans tous les types de gîtes.

Les résultats obtenus à l'aide des techniques utilisées (récoltes et élevage des stades pré-imaginaux) ont permis d'identifier 2 sous familles ; les Anophelinae et les Culicinae (Tableau 3). Dans la sous-famille des Anophelinae une seule espèce a été identifiée tel qu'*An. labranchiae*. Dans la sous-famille des Culicinae nous avons identifié quatre genres : *Aedes*, *Culex*, *Culiseta* et *Uranotaenia*.

Le genre *Culex* occupe la première position, il est représenté par 15 espèces, *Cx. pipiens*, est l'espèce la mieux représentée. La deuxième position est occupée par le genre *Aedes* par 4 espèces puis vient le genre *Culiseta* présenté par trois espèces. Il ressort de nos résultats que l'espèce *Cs. longiareolata* est l'espèce la plus abondante et la plus fréquemment récoltée au niveau des différents gîtes prospectés. En dernière position vient l'*Anophele* présentée par *Anophele labranchiae* et l'*Uranotaenea* par l'espèce *Uranotaenea unguiculata*.

Tableau 3: Inventaire des espèces de Culicidae récoltées au niveau des gîtes.

Famille	Sous famille	Tribu	Genre	Sous genre	Espèce
Culicidae	Anophélinie	Anophelini	<i>Anophèles</i>	<i>Anophèles</i>	<i>Anophèles labranchiae</i> <i>Falleroni, 1926</i>
	Culicinae	Aedini	<i>Aedes</i>	<i>Ochlerotatus</i>	<i>Aedes caspius, Pallas 1771</i>
					<i>Aedes dorsalis</i> Meigen, 1830
				<i>Aedimorphus</i>	<i>Aedes vexan</i> Meigen, 1830
				<i>Stegomyia</i>	<i>Aedes aegypti</i> Linné, 1762
		Culicini	<i>Culex</i>	<i>Culex</i>	<i>Culex mimeticus</i> Noe, 1899
					<i>Culex perexiguus</i> Theobald, 1903
					<i>Culex pipiens</i> Linné, 1758
					<i>Culex theileri</i> Theobald, 1903
					<i>Culex antennatus</i> Becker, 1903
					<i>Culex laticinctus</i> Edwards, 1913
					<i>Culex univittatus</i> Théobald, 1903
					<i>Culex p.molestus</i> Forskal, 1775
					<i>Culex torrentum</i> Martini, 1925
				<i>Barraudius</i>	<i>Culex modestus</i> Ficalb, 1890
					<i>Culex pusillus</i> Maquart, 1850
				<i>Maillotia</i>	<i>Culex hortensis</i> Ficalbi, 1889
				<i>Néoculex</i>	<i>Culex impudicus</i> Ficalbi, 1890
					<i>Culex territans</i> Diar, 1905
					<i>Culex deserticola</i> Kirkpatrick, 1924
		Culisetini	<i>Culiseta</i>	<i>Allotheobaldia</i>	<i>Culiseta longiareolata</i> macquart, 1838
				<i>Culiseta</i>	<i>Culiseta subochrea</i> Edwards, 1921
					<i>Culiseta annualata</i> schrank, 1776
		Uranoaenini	<i>Uranotaenia</i>	<i>Uranotaenia</i>	<i>Uranotaenia unguiculata</i> Ewards, 1913

Tableau 4: Présence (+) d'espèces rencontrées dans les sites d'étude.

Stations Espèces	Tébessa ville			El Hammamet G4	Morsott G5	Ouenza G6	Mrij G7
	G1 Fatma-El zahra	Marja G2	Copenad G3				
<i>Culex pipiens</i>	+	+	+	+	+	+	+
<i>Culex torrentum</i>	-	-	-	+	+	-	-
<i>Culex laticinctus</i>	-	-	-	-	+	+	-
<i>Culex deserticola</i>	-	-	-	+	-	-	-
<i>Culex modestus</i>	-	+	-	+	-	+	+
<i>Culex pusillus</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Culex theileri</i>	-	+	-	-	+	+	+
<i>Culex hortensis</i>	-	-	-	+	+	+	-
<i>Culex perexiguus</i>	+	+	-	-	-	+	+
<i>Culex antennatus</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Culex mimeticus</i>	-	+	-	-	-	-	-
<i>Culex territans</i>	-	+	-	-	-	+	+
<i>Culex impudicus</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Culex univittatus</i>	-	+	-	-	+	+	+
<i>Culex pipiens molestus</i>	+	+	-	-	-	+	+
<i>Culiseta longiareolata</i>	+	+	-	+	+	+	+
<i>Culiseta subochrea</i>	+	-	-	-	-	-	-
<i>Culiseta annulata</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Aedes caspius</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Aedes dorsalis</i>	-	-	-	-	-	+	-
<i>Aedes aegypti</i>	-	-	-	-	+	+	+
<i>Aedes vexans</i>	+	-	-	+	-	-	+
<i>Anophele labranchia</i>	-	-	-	-	-	-	+
<i>Uranotaenia unguiculata</i>	-	-	-	-	-	+	-

3.1.1. Caractéristiques morphologiques d'identification et bioécologie du genre *Culex* :

Les espèces appartenant à ce genre se caractérisent par :

Les œufs sont pondus agglomérés en nacelle. Les œufs de *Culex* sont collés ensemble côté à côté pour former une sorte de petite barquette (Guillaumot, 2006).

Les larves sont pourvues d'un siphon respiratoire bien développé dont le bord inférieur sert d'attache à plusieurs touffes de soies ventrales (Figure 11-B).

Les femelles adultes possèdent des palpes maxillaires nettement plus courts que la trompe. Les organes sensoriels portés à l'apex du tarsomère '5 présentent un empodium et deux pulvilli.

Les mâles de ce genre se distinguent aisément à partir du gonocoxite qui présente une touffe de soies subapicale (Figure 11-C1).

Les larves de *Culex* peuvent s'installer dans des eaux douces, très fortement polluées ou dans des eaux saumâtres. Certaines formes du complexe *Cx. pipiens* sont étroitement associées à l'homme et à ses habitats. Il bénéficie d'une très large distribution géographique. (Rhodain, 1996)

Culex pipiens Linné, 1758:

Culex pipiens a pour synonymes *Culex agilis* (Bigot, 1889), *Culex azoriensis* (Theabold, 1903), *Culex bifureatus* (Linné, 1758) et *Culex haenatophagus* (Ficalbi, 1893) (Senevet et Andarelli, 1959).

La larve possède une tête longue, la soie antennaire 3-A est proche de 4-A et l'épine préclypéale est mince et effilée à l'apex. Les soies céphaliques 5-C et 6-C sont formées de 4 branches et plus. Le mentum possède 8 dents et plus de part et d'autre de la dent médiane (Figure 11-A2). Le VIII^{ème} segment présente des écailles toutes sans épine médiane (Figure 11-B4). Le siphon respiratoire est à bords droits ou convexes possédant une seule soie latérale (Figure 11-B1). Le nombre de paires de soies siphonique est limité à 4 ou 5. La soie 1a-S du siphon est positionnée au-delà de la dent distale du peigne du siphon, celle-ci est composée de 2 à 5 branches. La dent distale du peigne siphonal est composée de 3 à 5 denticules. L'épine subapicale 2-S du siphon est courte (Figure 11-B2). Le complexe *pipiens* ayant des

caractéristiques biologiques très variées, représente une variabilité morphologique et génétique très importante (Harbach *et al.*, 1995).

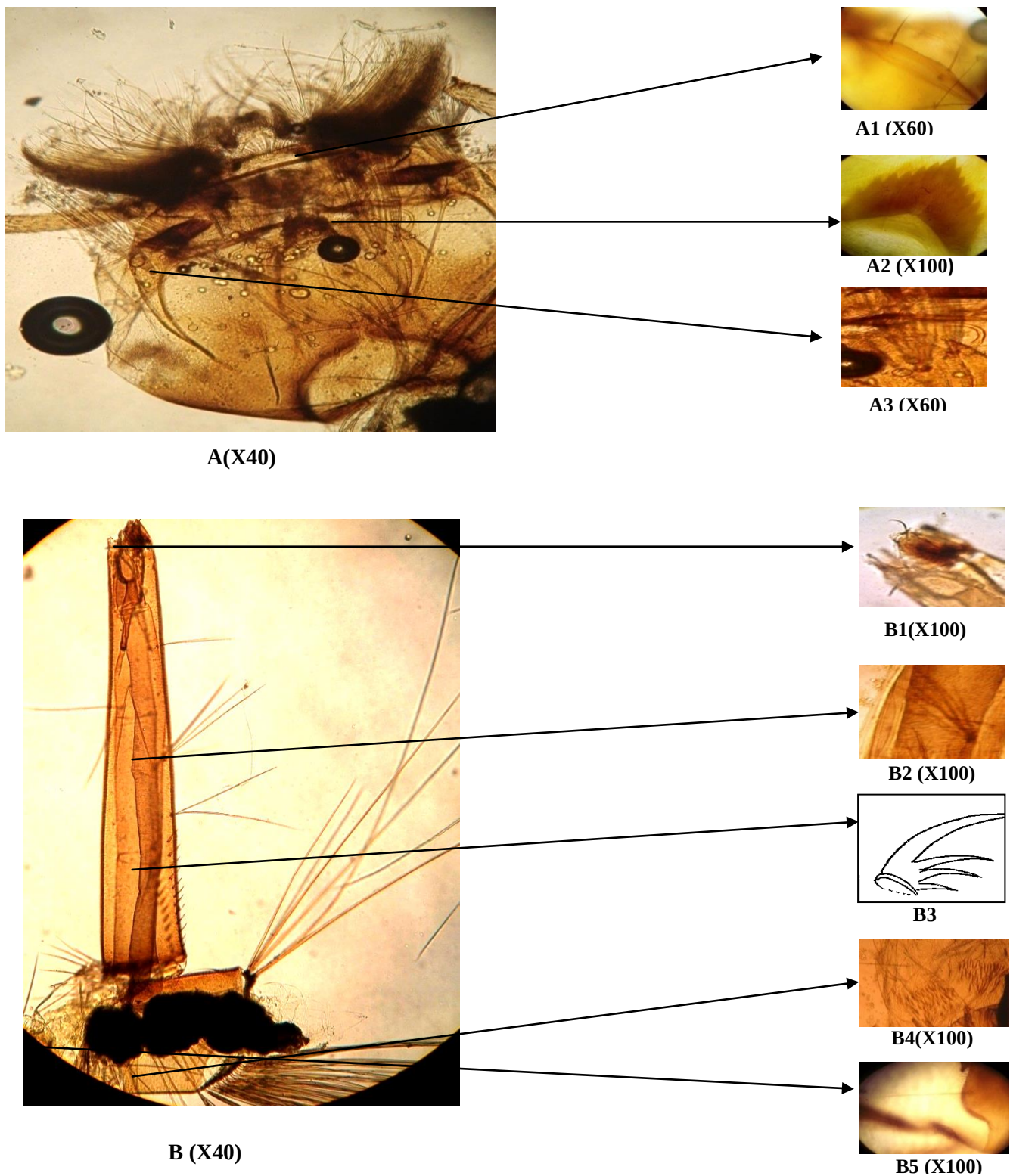


Figure 11: Critères morphologiques d'identification *Culex pipiens*. A: la tête. A1: épine préclypéale. A2: mentum. A3 : les soies 5-C, 6-C. B: extrémité abdominale. B1: soie subapicale 2-S. B2: soie latérale. B3: dents du peigne. B4: les écailles du segment VIII. B5: soie caudale 1-X.

L'adulte se distingue par des tergites qui présentent des écailles claires à la base des anneaux chez le mâle (Figure 12-A) et la coloration du tergite III avec une bande antérieure claire chez la femelle (Figure 12-B). Au niveau des ailes l'alula ne présente pas une frange d'écailles (Figure 12-A).

Le génitalia mâle est caractérisé par un gonocoxite dans la partie subapicale est composées de deux groupes de soies. La partie dorso-apicale du gonostyle est lisse, et l'épine terminale est de forme spatulée (Figure 12-C1). Les épines du paraprocte sont disposées sur plus de deux rangées (Figure 12-C2).

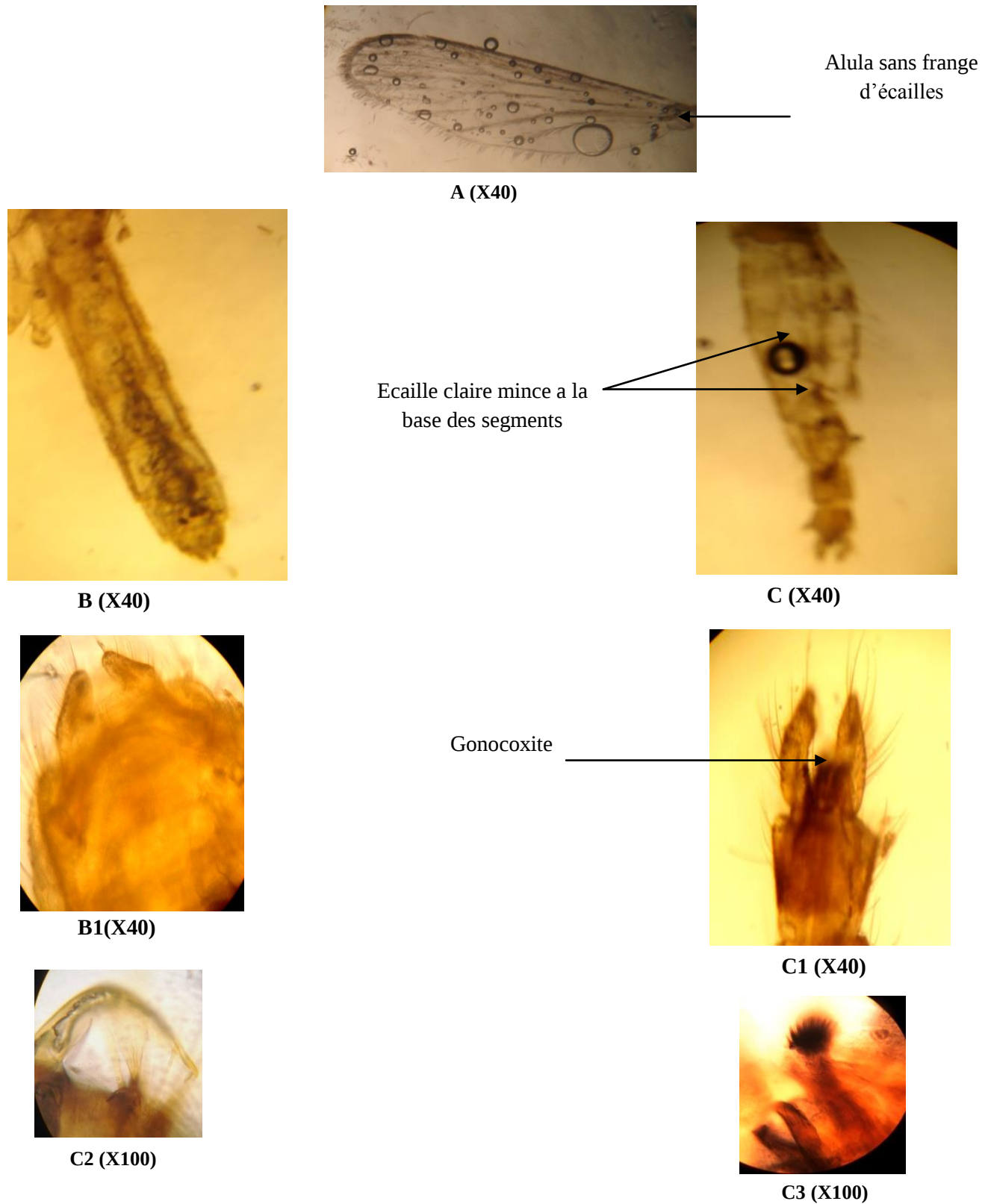


Figure 12: A : Structure de l'aile d'un adulte de *Culex pipiens*. B : abdomen d'une femelle du *Culex pipiens* B1 : génitalia femelle. C : abdomen du mâle. C1 : génitalia mâle. C2: style et épine terminale. C3 : IX^{eme} sternite.

Bioécologie :

Culex pipiens est l'espèce la plus répandue sur toute l'Algérie, les larves sont récoltées dans toutes les stations d'études de Tébessa, Morsott, El Hammamet, Ouenza et Mrij. Les larves tolèrent les plus divers gîtes : bassin, fosses et les oueds (Brunhes *et al.*, 2001).

Berchi (2000) affirme qu'au milieu urbain et suburbain, certaines collections d'eau particulièrement riche en matière organique, sont responsables de la prolifération de ce moustique. Les femelles piquent la nuit toutes les vertèbres à sang chaud, elles prennent le repas surtout à l'intérieur des habitations.

De nombreuses maladies sont transmises par les *Culex*. Le *Cx. pipiens* est un excellent vecteur de la filariose de Bancroft (*Wuchereria bancrofti*) qui affecte des millions d'individus tant en Afrique de l'Est qu'en Asie, le complexe *Cx. pipiens* est également vecteur de plusieurs arboviroses, comme la fièvre hémorragique de la vallée de Rift (flavivirus), en Afrique (Gargan *et al.*, 1983).

Selon Elena & Elena (2007) les moustiques développent tout au long de l'année, dans les sites souterrains inondés par des eaux polluées, par exemple dans les sous-sols des maisons et souterraines ; les tunnels. Le *Culex pipiens* colonise les différents types de milieux pendant une longue période de l'année. Par contre le froid constitue un facteur limitant, pour certains gîtes le cycle de développement de *Cx. pipiens* est interrompu dans les premiers mois de l'année qui correspondent à la saison hivernale.

***Culex torrentium* Martini, 1925**

Au niveau de la tête la soie préclypéale 1-C est mince et effilée à l'apex (Figure 13-A2), la soie antennaire 3-A est à proximité de 4-A (Figure 13-A1). Les soies 5-C et 6-C sont formées de 4 branches (Figure 13-A4). Le mentum de 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane (Figure 13-A3).

L'extrémité abdominale est caractérisée par un siphon à bord droit formé de soies ventrales et deux soies latérales (Figure 13-B1). Le caractère le plus distingué de cette espèce par rapport au *Culex pipiens* est qu'elle possède au niveau du segment anale une soie (1-x) doublée (Figure 13-B) (Brunhes *et al.*, 2001).

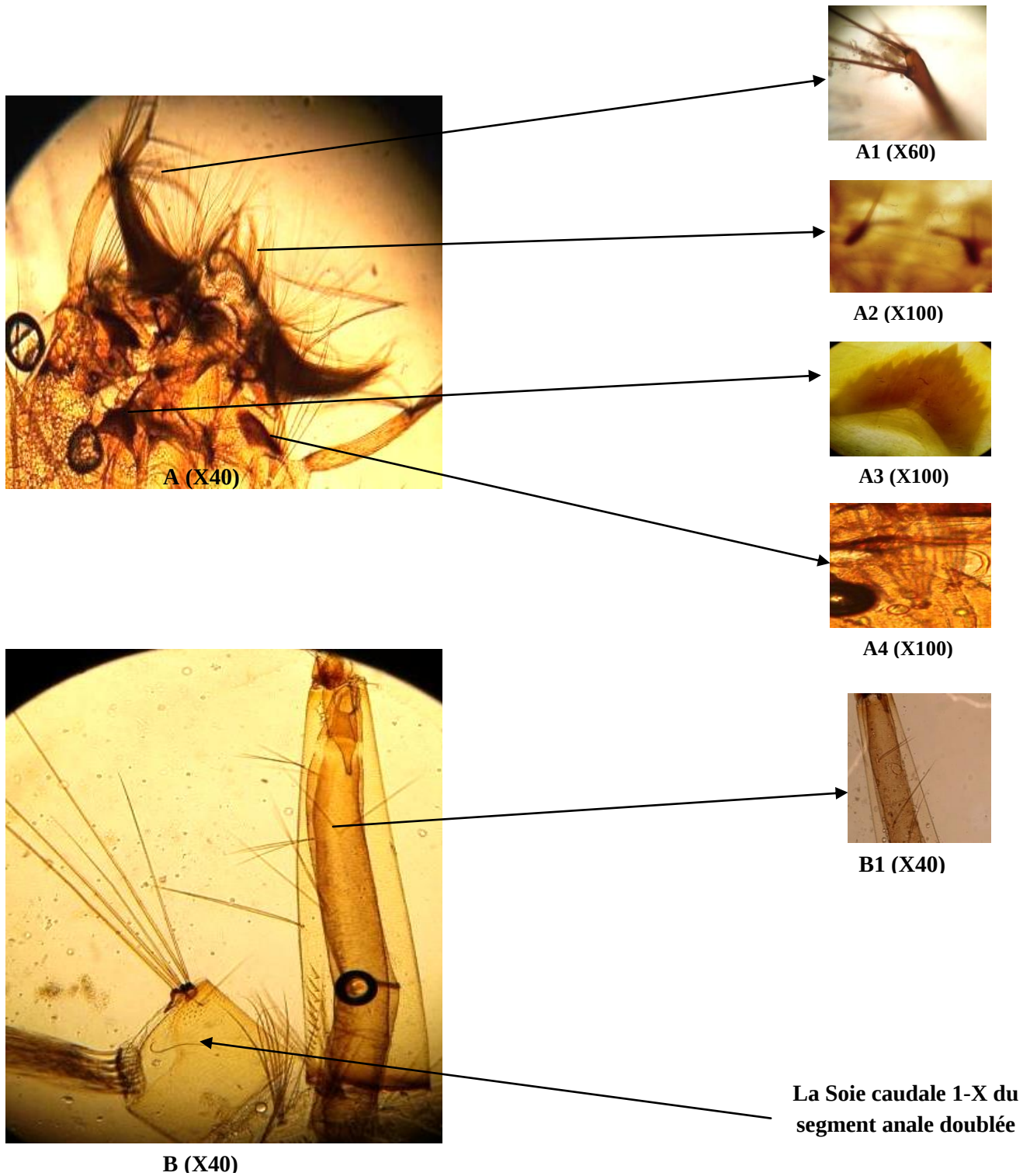


Figure 13: Larve de *Culex torrentum*. A : tête. A1: antenne. A2: l'épine préclypéale. A3: mentum. B : extrémité abdominale. B1 : les soies latérales.

Bioécologie :

Culex torrentum est multivoltin, les larves de *Culex torrentum* récoltés simultanément dans les gîtes de Morsott et El Hammamet durant la fin du printemps jusqu'au début de l'automne. L'espèce semble être eurygone. Elles sont vectrices du virus Sindbis (Ockelbo) (Brunhes *et al.*, 2001).

***Culex laticinctus* Edwards, 1913 :**

D'après Senevet & Andarelli (1959), *Culex laticinctus* a pour synonyme : *Culex laticinctus* (Edwards, 1913)

La tête est plus longue que large, la soie antennaire 3-A est à proximité de 4-A (Figure 14-A1), l'épine préclypeale 1-C est épaisse jusqu'à l'apex. Le mentum est triangulaire et présente plus de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane (Figure 14-A2).

Le VIII^{ème} segment présente des écailles toute sans épines médian (Figure 14-B3) la forme du siphon respiratoire est à bord droit son indice est compris entre 3 et 4,5. En plus des soies ventrales au nombre de 9 à 10 paires de touffes dont 2 ou 3 implantées en avant de la dent distale du peigne du siphon (Figure 14-B1) avec une soie latérale. L'épine subapicale 2-S du siphon est courte (Senevet & Andarelli, 1956). Sur le segment anal il présente une soie caudale (1-X) (Figure 14-B1)

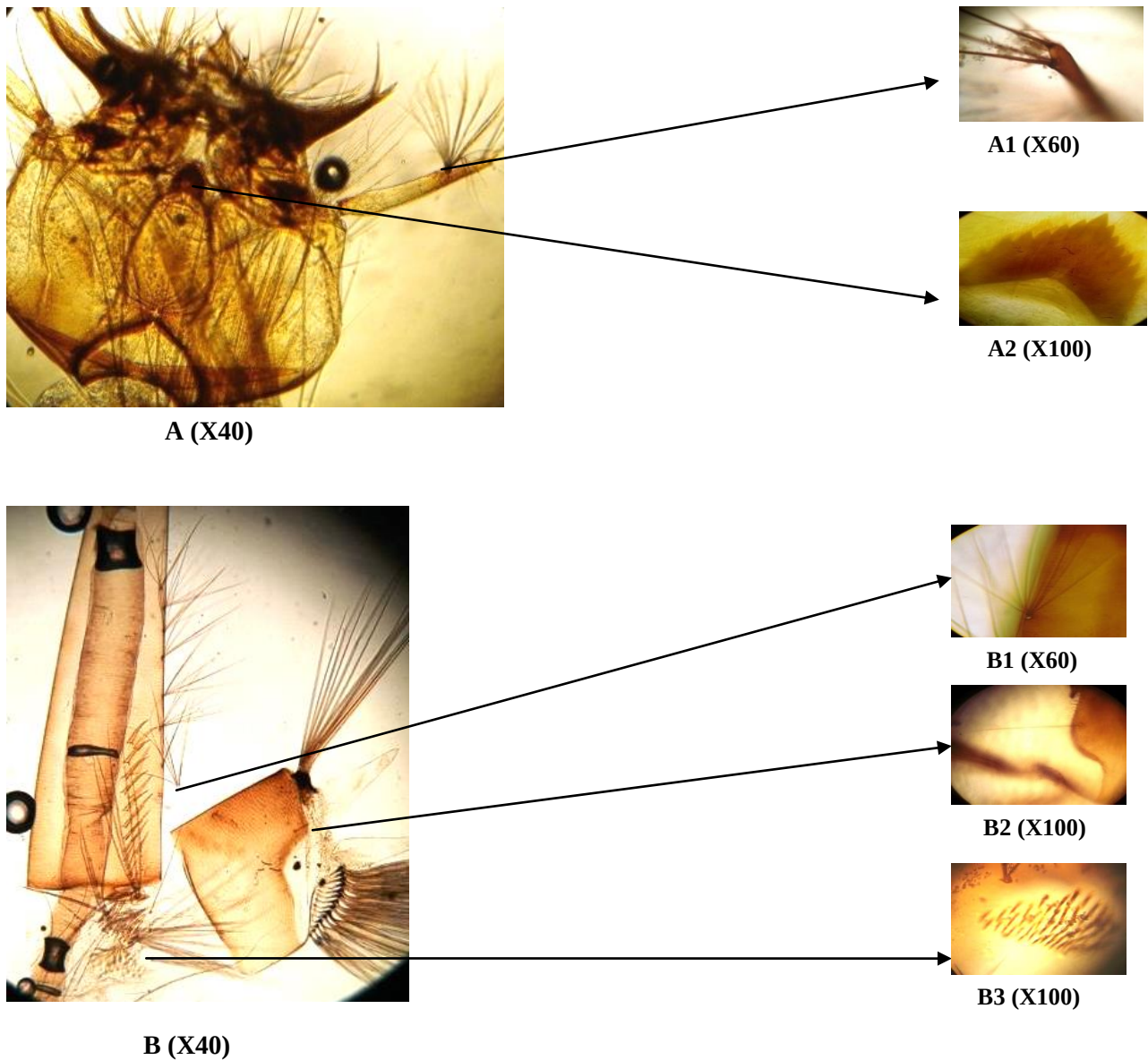


Figure 14: Larve de *Culex laticinctus*. A : tête .A1: antenne. A2 : mentum. B : siphon respiratoire B1 : la soie Ia-S en avant de la dent distale. B2: la soie 1-X caudale. B3: les écailles.

Selon Brunhes et *al.*, (2001) le génitalia mâle du *Culex laticinctus* (Figure 15-C) présente plus de deux rangées d'épines sur le paraprocte. Le bras basal de IX^{eme} sternite est bien développé (Figure 15-C3) (Himmi et *al.*, 1995), l'ornementation dorsoapicale du gonostyle est avec une série de denticules (Figure 15-C2) et l'épine terminale du gonostyle de forme subcylindrique (Figure 15-C1) (Senevete & Andarelli, 1956).

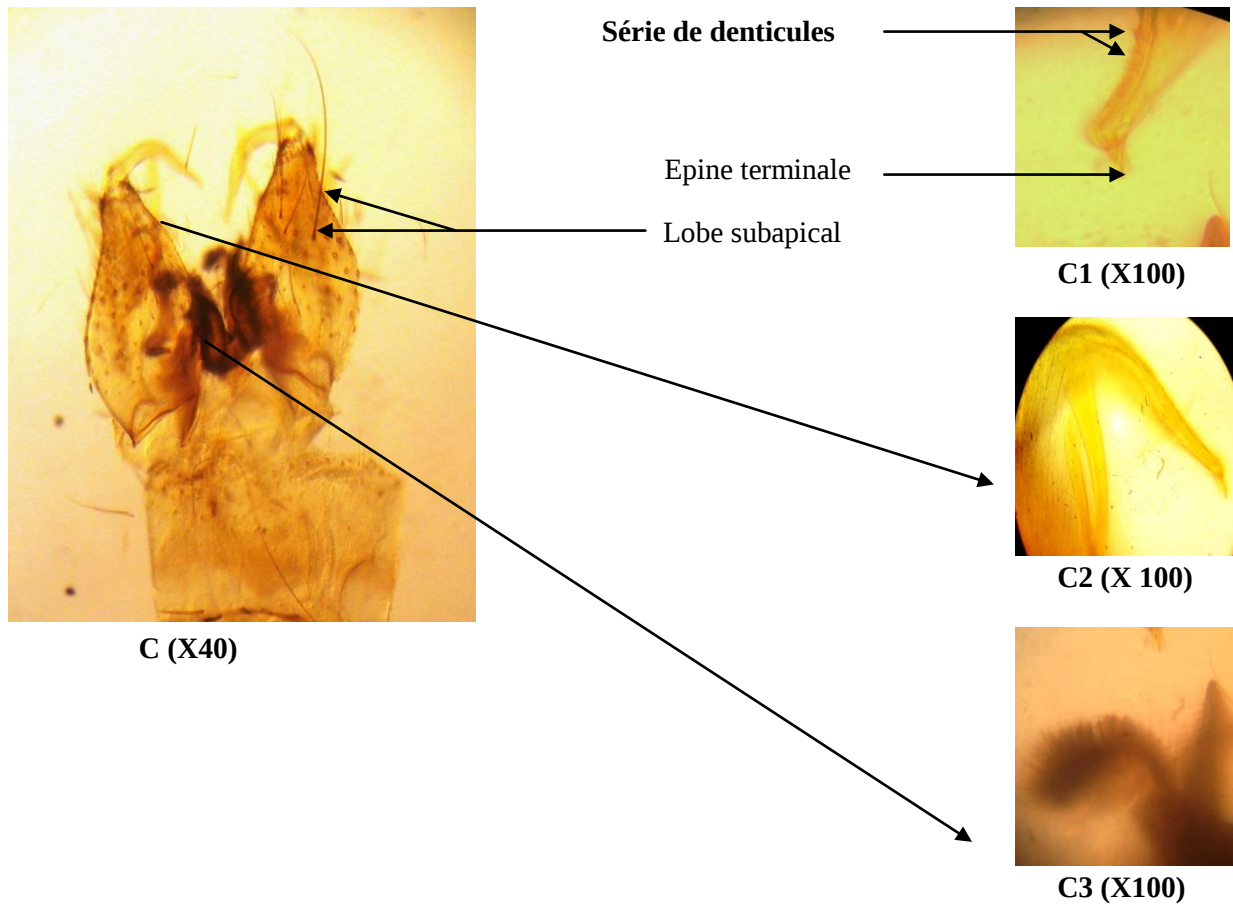


Figure 15: C: Génitalia mâle du *Culex laticinctus*. C1: épine terminale et denticules. C2: gonostyle. C3: IX^{eme} sternite.

***Culex deserticola* Kirkpatrick, 1924:**

La tête et plus large que langue, l'insertion de la soie antennaire 3-A éloignée de 4-A (Figure 16-A1), la forme de l'épine préclypéale 1-C est épaisse jusqu'à l'apex. Les soies céphaliques 5-C et 6-C sont formées de deux branches (Figure 16-A2). Le mentum est triangulaire avec moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane (Figure 16-A3).

Au niveau de l'abdomen, les écailles du segment VIII sont disposées en désordre, dont toutes sans épine médiane. Le siphon respiratoire est à bord droit. Le siphon est formé de soies ventrales et 3 soies ou plus de soies latérales (Figure 16-B2). D'après Himmi *et al.* (1995), *Culex deserticola* est caractérisé par son épine subapicale S-2 du siphon en crochet (Figure 16-B1).

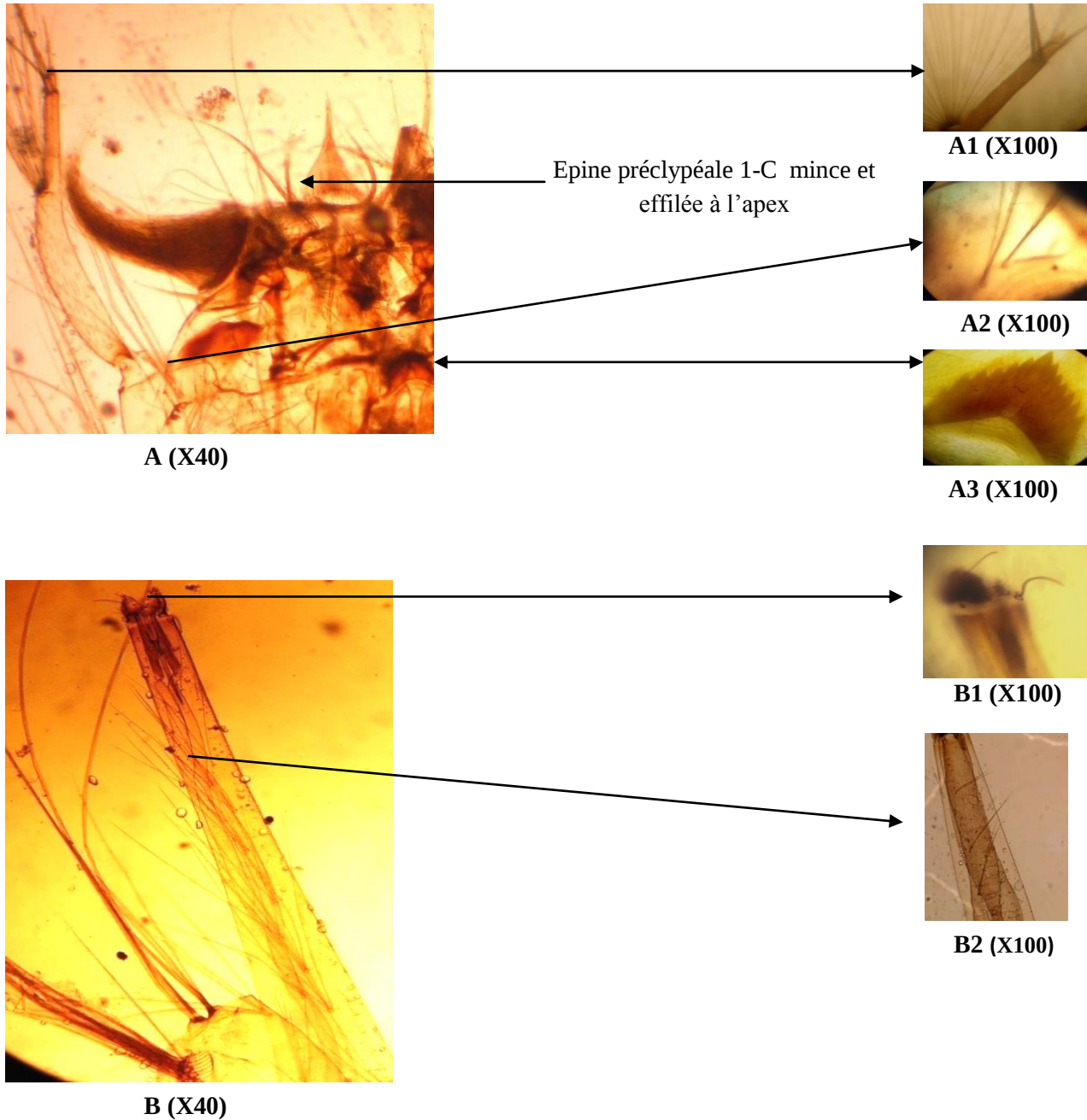


Figure 16. Larve de *Culex deserticola*. A: tête. A1: antenne. A2: soie 5-C et 6-C. A3 : mentum. B: extrémité abdominale. B1: la soie subapicale 2-S. B2: les soies latérale.

Bioécologie :

Culex deserticola est une espèce largement répandue dans toute l'Afrique méditerranéenne et en Iran. En Afrique les larves se développent dans les trous de rocher, les marais au fond sablonneux l'eau de ces gîtes est douce et claire, la végétation peut être présente ou absente (Brunhes *et al.*, 1999). Nous avons recueilli également les stades larvaires de cette espèce seulement dans le domaine des hautes plaines, El Hammamet. Les larves de

Culex deserticola se rencontrent surtout en automne (septembre et octobre). Les femelles, présents surtout en hivers, ne piquent pas l'homme, l'espèce ne peut jouer aucun rôle dans la transmission de parasitoses humaine (Brunhes *et al.*, 2001).

***Culex (barraudius) modestus* Ficalbi, 1890 :**

Culex modestus à pour synonyme *Culex tanaicus* (Schelkanovtzev, 1926) et *Culex barraud*, 1924. Au niveau de la tête l'insertion de la soie antennaire 3-A est à proximité de 4-A, l'épine préclypeale 1-C est mince et effilée jusqu'à l'apex (Figure 17-A1). Le mentum est formé de 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane (Figure 17-A2) et les soies 5-C et 6-C porte 4 branches ou plus (Figure 17-A3).

Au niveau de l'abdomen le VIII^{ème} segment est formé d'écaille toute sans épines médiane et disposées en désordre. Cette espèce possède un siphon respiratoire à bord droit, ce dernier porte uniquement des soies ventrales au nombre de 7 paire de touffe ou plus, dont la soie Ia-S du siphon est positionnée au-delà de la dent distale (Figure 17-B2) du peigne du siphon, cette dernière est composée de 3 à 5 denticules basaux. L'épine subapicale 2-S du siphon est courte (Figure 17-B1).

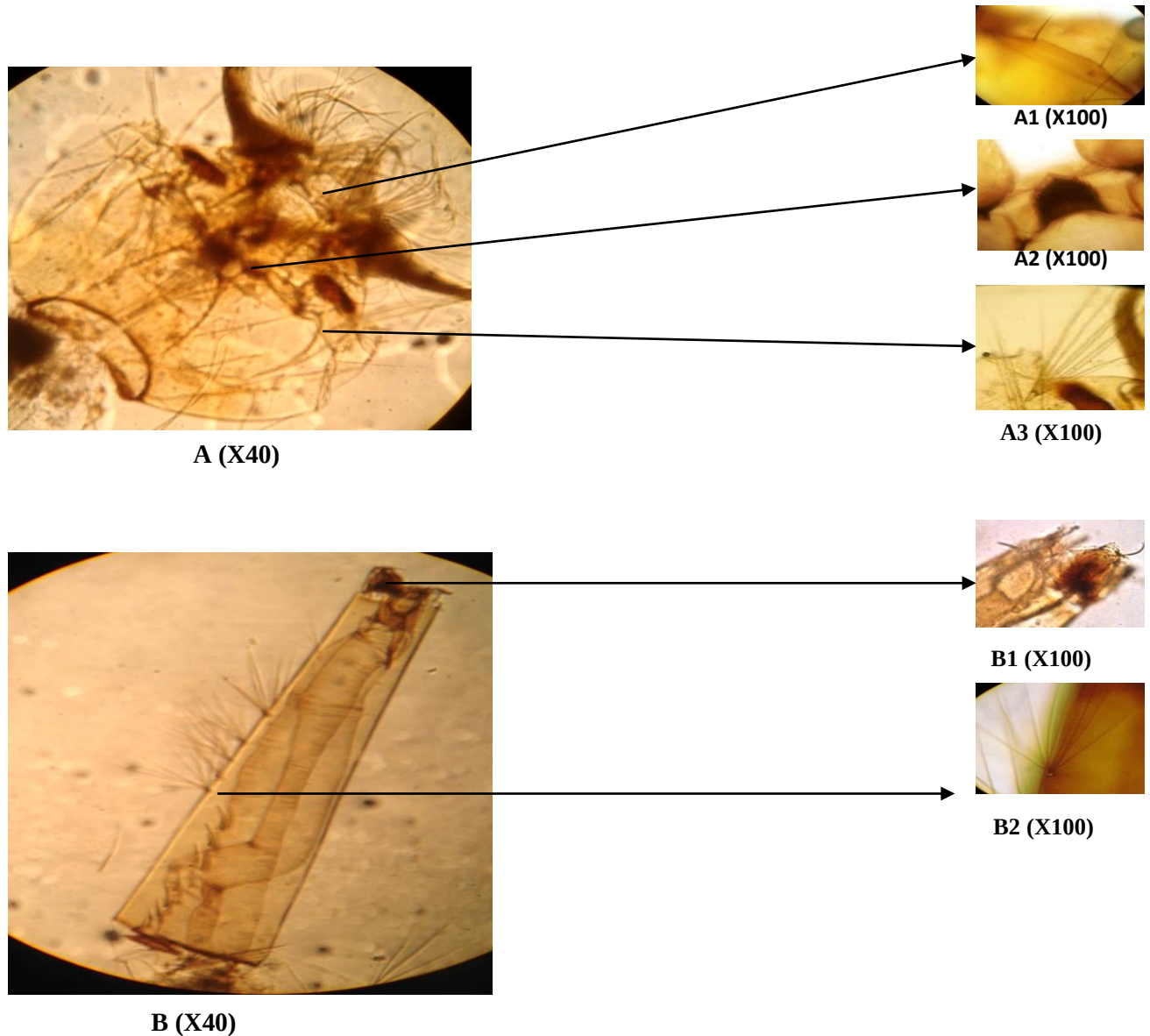


Figure 17: Larve de *Culex modestus*. A: tête A1: l'épine préclypéale. A2: mentum. A3: soie 5-C. B: siphon respiratoire. B1: la soie subapicale 2-S. B2: la soie Ia-S.

Bioécologie:

D'après Brunhes *et al.* (1999) *Culex modestus* est une espèce largement représentée dans l'Afrique méditerranéenne elle a été signalée dans tout le Maghreb mais sa présence y est toujours discrète ; les larves de cette espèce colonisent les marais semi-permanente d'eau douce, les larves habitent l'eau légèrement salée dans les canaux d'irrigation, les marécages et les rizières (Brunhes *et al.*, 2001). Nous avons recueilli les larves de *Culex modestus* dans différent type de gîtes celui de Ouenza, Mrij, El Hammamet et Tébessa. Les larves ont été observées durant le printemps jusqu'à l'automne, l'espèce marque une absence pendant le mois d'août, alors que dans les mois froid elles disparaissent.

Le moustique *Culex modestus* est très répandu dans le sud de l'Europe, où il joue le rôle de vecteur de pont principe du virus du Nil Occidental (VNO) et d'autres pathogènes transmis par ce *Culex*. (Golding, 2012).

***Culex (barrandius) pusillus* Maquarit, 1950:**

Au niveau de la tête la soie antennaire 3-A est approximé de 4-A. Les soies céphalique 5-C et 6-C sont formée de 4 branches et plus (Figure 18-A1).

Le siphon est formé uniquement de soies ventrales. L'épine subapicale 2-S du siphon est courte (Figure 18-B1).

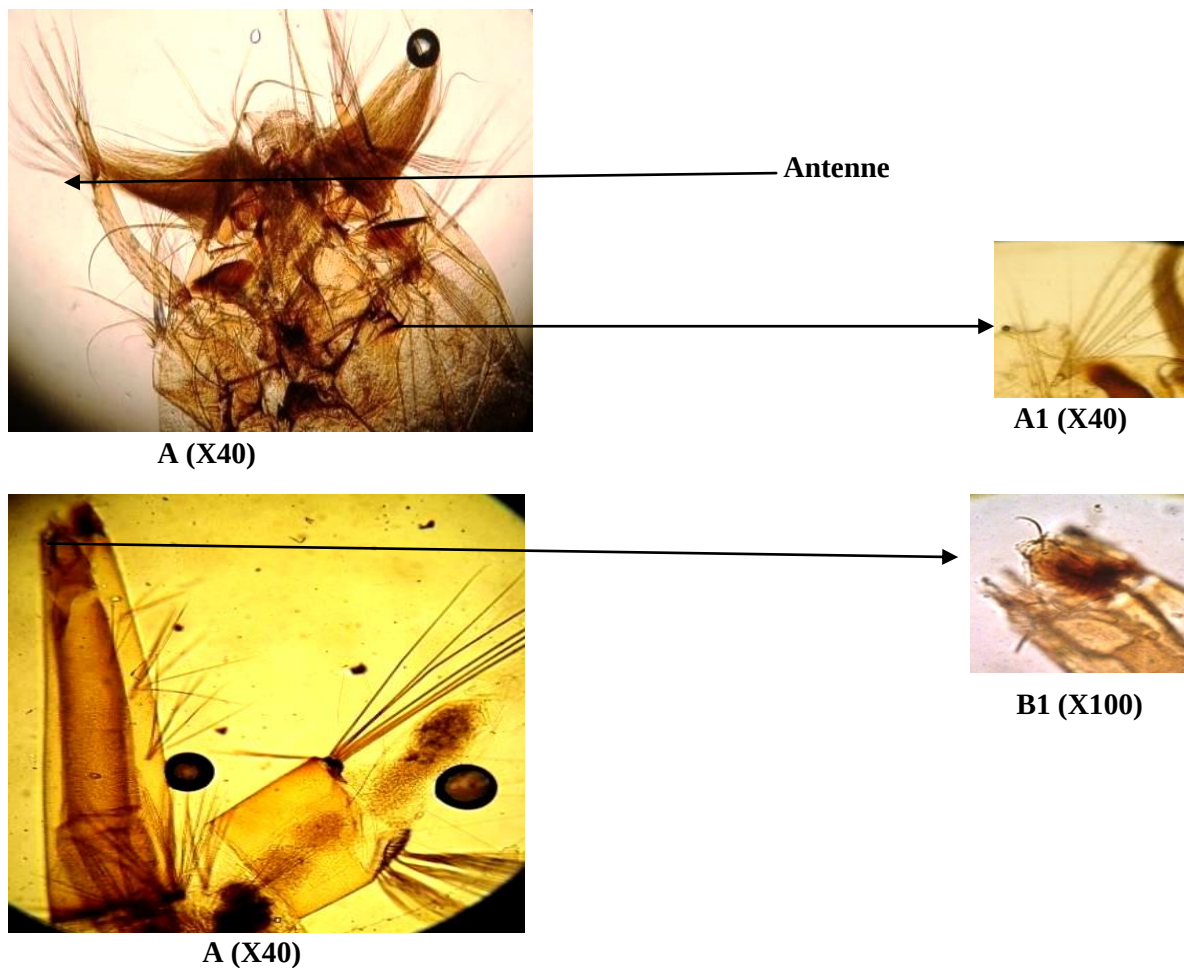


Figure 18: Critères morphologiques d'identification de *Culex pusillus*. A: tête de la larve. A1: La soie 5-C. B: extrémité abdominale. B-1: la soie subapicale 2-S.

Bioécologie :

Cette espèce est présente dans la partie la plus méridionale de la région paléarctique, Bassin méditerranéen de l'Est, Asie de l'Ouest, Afrique du Nord. Les larves nettement halophiles, se développent dans de petites collections dont l'eau est légèrement saumâtre ou même salée, on peut les rencontrer sur les berges encombrées de roseaux des marais saumâtre et dans les sources salées (Brunhes *et al.* 2001). D'après nos prospections les larves de *Culex pusillus* colonisent les eaux de gîte G5 pendant la saison printanière.

Les femelles, ne sont pas agressives vis à vis de l'homme. *Culex pusillus* n'a pas été impliqué dans la transmission de parasitose humaine. (Brunhes *et al.*, 2001).

***Culex theileri* (Théobald, 1903) :**

La tête des larves est caractérisée par l'insertion de la soie antennaire 3-A à proximité de 4-A. La soie préclypeale 1-C est épaisse jusqu'à l'apex (Figure 19-A1) et le nombre de la soie 5-C et 6-C est de 3 branches (Figure 19-A2). Le mentum est formé de moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane.

Culex theileri se distingue par la forme des écailles du VIII^{eme} segment, elle présente des épines médianes (Figure 19-B2). Le siphon présente des soies ventrales et une seule soie latérale (Figure 19-B). La soie Ia-S est placée au-delà de la dent distale du peigne du siphon, cette dernière est formée de 3 à 5 denticules basaux (Figure 19-B1).

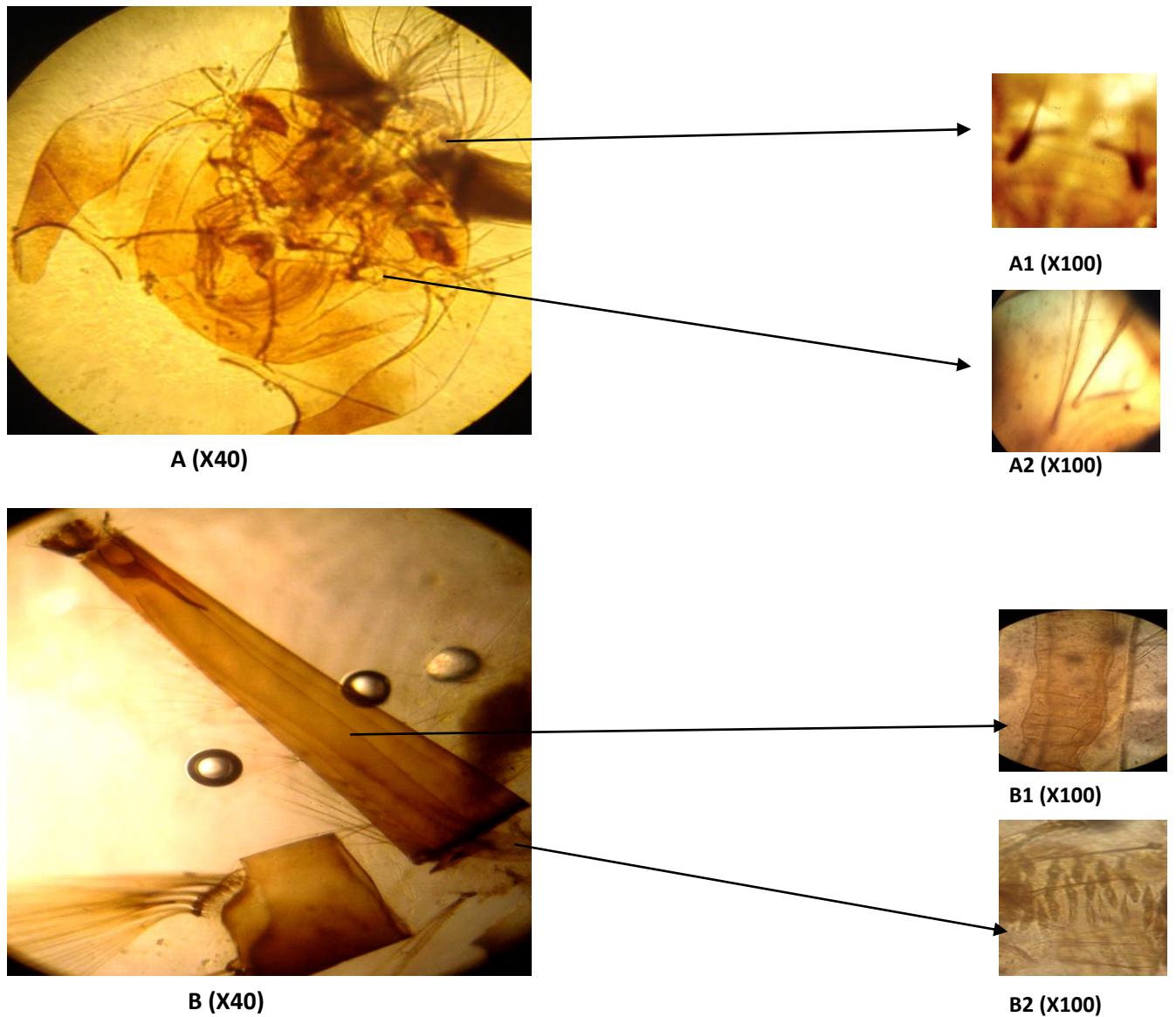


Figure 19: Critères morphologiques d'identification de *Culex theileri*. A: tête de la larve. A1: l'épine préclypéale. A2: soie 5-C et 6-C. B: extrémité abdominale. B1: dent distale. B2: écaille du VIII^{ème} segment.

Bioécologie :

Culex theileri a un aire de répartition très vaste qui s'étend de l'Afrique du Sud à la Russie d'Europe et du Maroc à l'Inde et au Nepal (Brunhes *et al.*, 2001).

Selon Senevet & Andarelli (1960) les larves de cette espèce peuvent se rencontrer dans un grand nombre de gîtes. En effet l'espèce se développe au bord du marais de Marja (G2) associées à *Culex pipiens*, *Culex hortensis*, *Culex perexiguus*, *Culex pipiens molestus* et *Culiseta longiareolata*. Nous avons recueillis les larves de *Culex theileri* dans l'eau polluée de

l'oued Melègue (Mrij), même dans le fossé d'Ouenza. Les larves de *Cx. pipiens* se rencontrent au de mois de mars jusqu'au mois de novembre.

En Afrique du sud, l'espèce a été trouvée naturellement infectée par le virus West- Nille et Sind Bis (Brunhes *et al.* 1999).

***Culex hortensis* Ficalbi, 1889 :**

D'après Senevet & Andarelli (1959) *Culex hortensis* à pour synonymes *Maillatia pilifera* (Theobald, 1907).

La tête, est large que large, l'insertion de la soie antennaire 3-A à proximité de 4-A (Figure 20-A1). La forme de l'épine préclypéale 1-C est épaisse jusqu'à l'apex (Figure 20-A2). Les soies céphaliques 5-C et 6-C sont formées de deux branches (Figure 20-A4). Le mentum est formé de moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane (Figure 20-A3).

Au niveau de l'abdomen, le peigne du segment VIII porte des écailles, toutes sans épine médiane. Le siphon présente des soies ventrales et une soie latérale (Figure 20-B). Senevet & Andarelli (1959), Brunhes *et al.*, (1999) et Himmi *et al.*, (1995) rapportent que cette espèce est morphologiquement très proche de *Culex deserticola*, elle se distingue par son siphon respiratoire long et mince et son épine subapicale S-2 doublée en croché (Figure 20-B1).

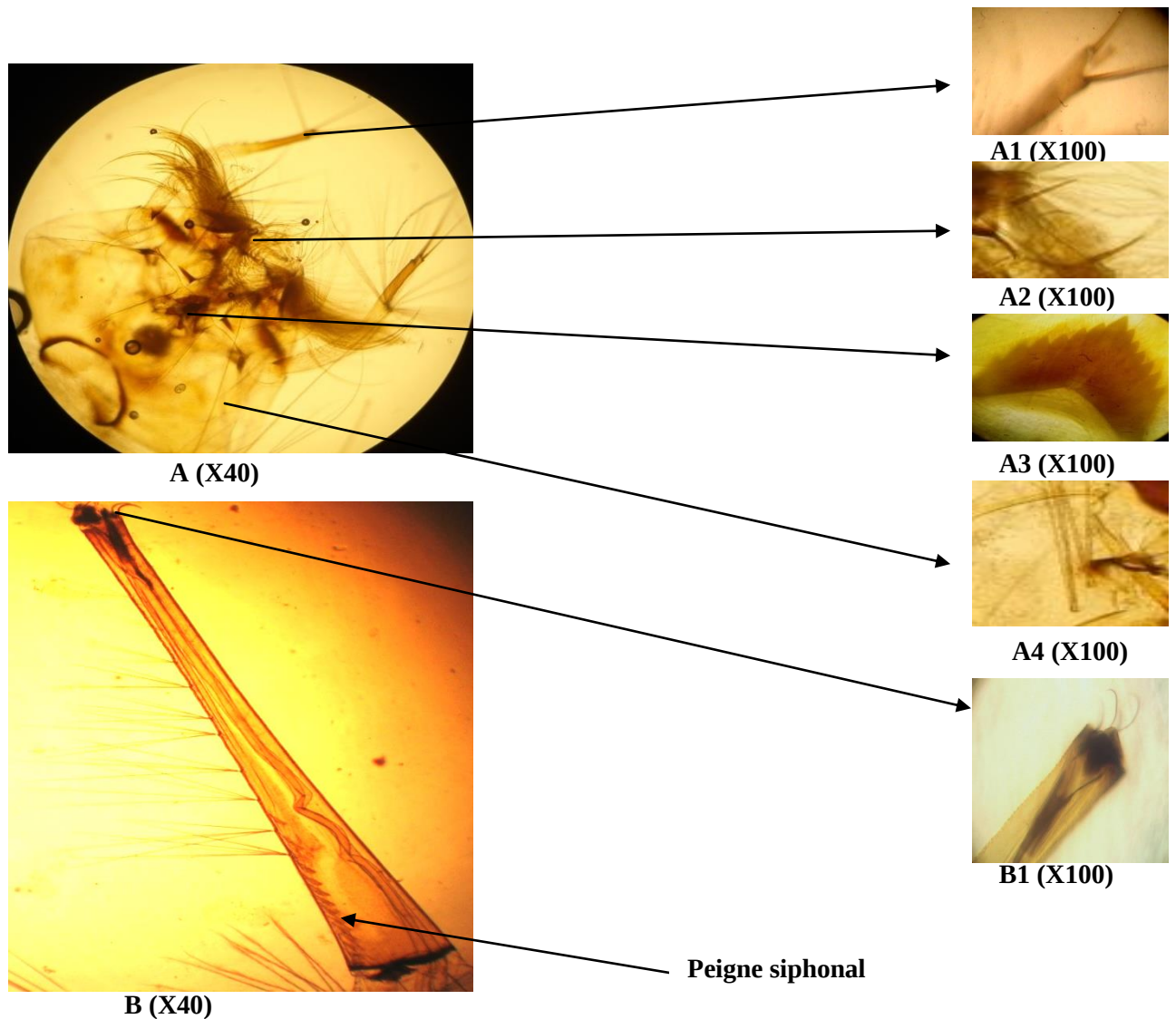


Figure 20: *Culex hortensis* (larve). A: la tête. A1: les soies : 3-A et 4-A. A2: l'épine éclypeale. A3: mentum. A4: les soies 5-C et 6-C. B: siphon respiratoire. B1: épine subapicale 2-S. B2 : soie latérale.

Bioécologie :

Culex hortensis est largement représenté sur tout le pourtour du Bassin Méditerranéen. D'après nos résultats de prospection des années 2011 et 2007, nous avons remarqués que les larves de cette espèce se développent dans les petits gîtes larvaire dépourvus de végétation (l'eau de source) l'eau est généralement douce ensoleillée et stagnante. Nous l'avons recueilli aux niveaux de Youkous (El Hammamet), Morsott et Ouenza en compagnie de *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex modestus*, *Culex longiareolata* et *Uranotaenia unguiculata*. *Culex hortensis* est abondant pendant les mois d'été, d'automne, et le mois de mai. Les femelles ne

piquent pas les mammifères, elles se nourrissent par contre très volontiers sur batraciens et reptiles (Brunhes *et al.*, 1999).

Culex perexiguus (Theobald, 1903) :

D'après Seguy (1924) cette espèce a pour synonymes *Culex decens* (Storey, 1918) et *Culex univittatus* (Theobald, 1901).

Au niveau de la tête, l'épine préclypéale est épaisse jusqu'à l'apex (Figure 21-A1). Le mentum est formé de moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane (Figure 21-A2).

Le huitième segment abdominal porte des écailles toutes sans épine médiane. La forme générale du siphon est à bords droits, les dents du peigne siphonal sont bien développées et n'occupant pas plus du quart de la longueur du siphon. La soie Ia-S du siphon est positionnée au-delà de la dent distale du peigne du siphon. L'épine subapicale 2-S du siphon est courte (Figure 21-B1).

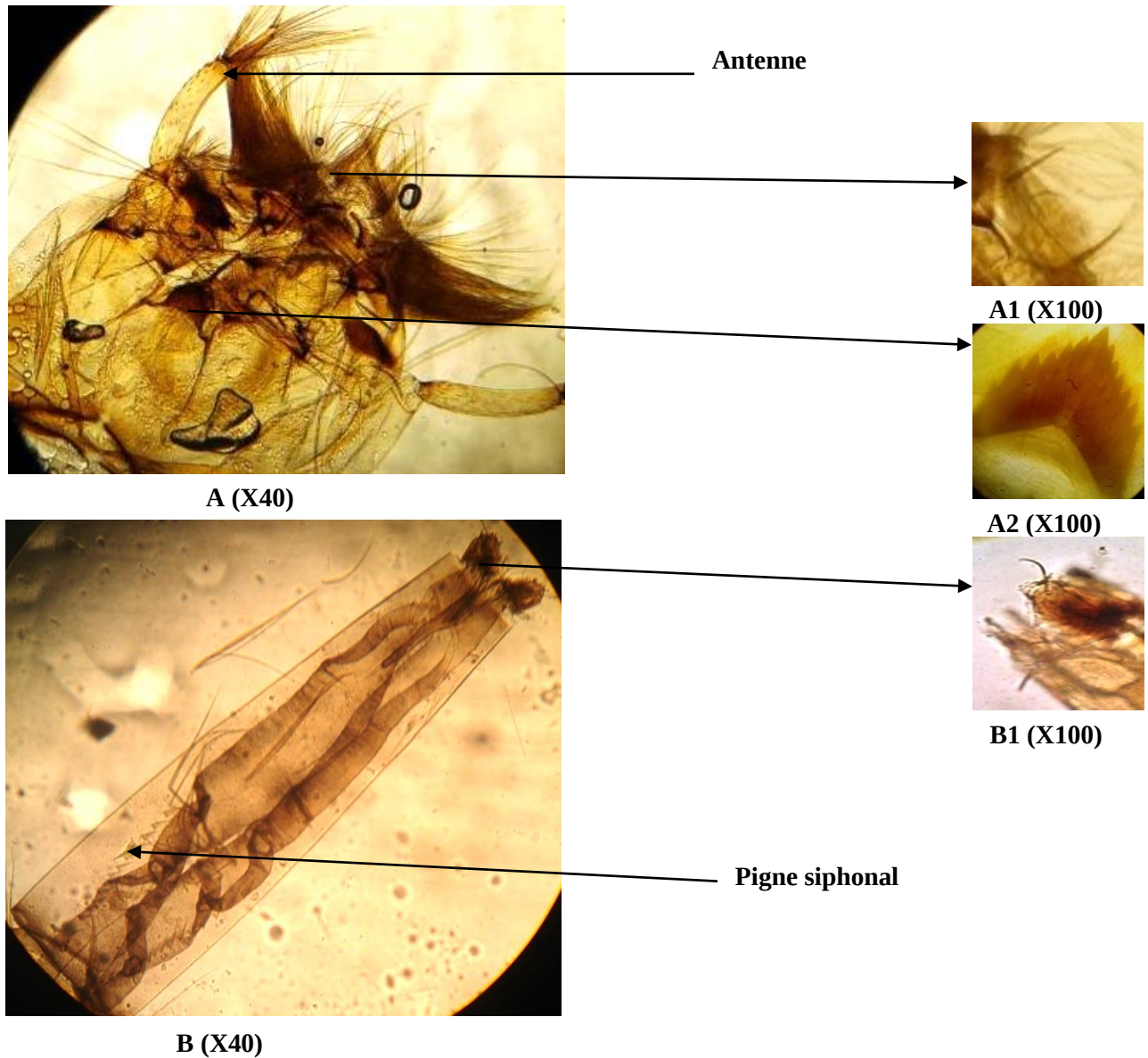


Figure 21: Critère morphologiques d'identification de la larve de *Culex perexiguus*. A: la tête. A1: l'épine préclypéale. A2: le mentum. B: siphon respiratoire. B1: la soie subapicale 2-S.

Bioécologie :

Culex perexiguus est abondant pendant les mois d'été et d'automne même de printemps. Ces larves se développent dans de nombreux types de gîtes domestique, on effet dans le gîte Marja, Mrij et Morsott.

On ne connaît que très peu de chose concernant la biologie des adultes. Les femelles semblent se nourrir essentiellement sur les oiseaux, il leur arrive cependant de pénétrer dans la maison et de piquer l'homme pendant la nuit, le moustique est soupçonné d'être vecteur des virus West Nille et Sindbis au Moyen Orient. (Brunhes *et al.*, 1999).

***Culex antennatus* (Becker, 1903) :**

Au niveau de la tête la soie antennaire 3-A est à proximité de 4-A (Figure 22-A1). Le mentum est triangulaire avec moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane (Figure 22-A2).

Au niveau de l'abdomen, les écailles du VIII^{ème} segment sont toutes sans épine médiane (Figure 22-B3). D'après Larviere & Abonnec (1956), *Culex antennatus* est formé d'un siphon avec soies ventrales et latérales. La soie Ia-S du siphon est positionnée au-delà de la dent distale du peigne (Figure 22-B1). L'ornementation de la dent distale du peigne est de 3 à 5 denticules basaux (Figure 22-B2),

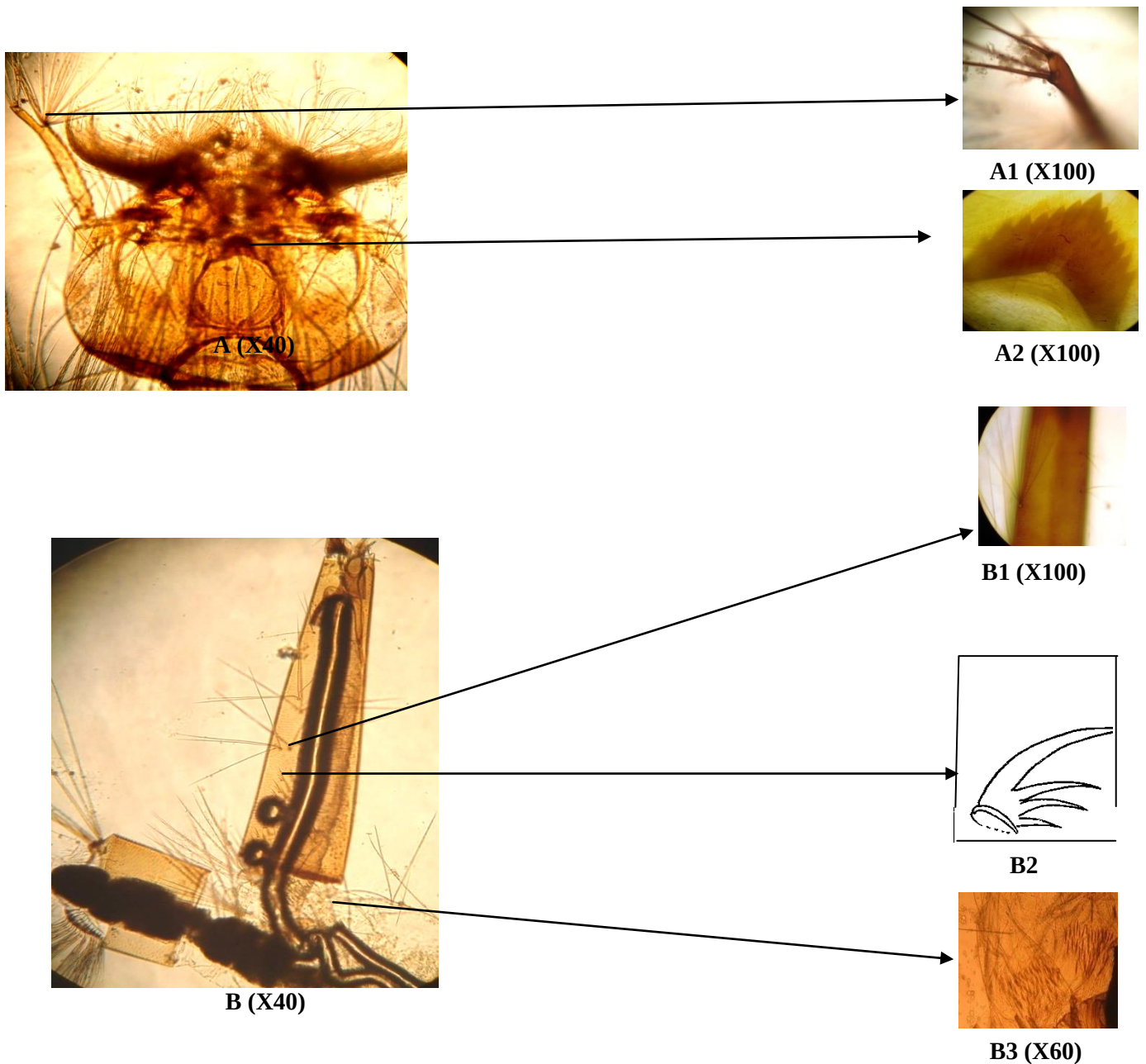


Figure 22: Critères morphologiques d'identification de *Culex antennatus*. A: la tête. A1: les soies 3-A et 4-A. A2: mentum. B: extrémité abdominale. B1: la soie 1a-s. B2: dents distales. B3: écaille du segment VIII.

Le montage des genitalias des adultes mâle montre que la soie g du gonocoxite est en feuille large et ovale (Figure 23-C). L'épine terminale du gonostyle est subcylindrique (Figure 23-C1).

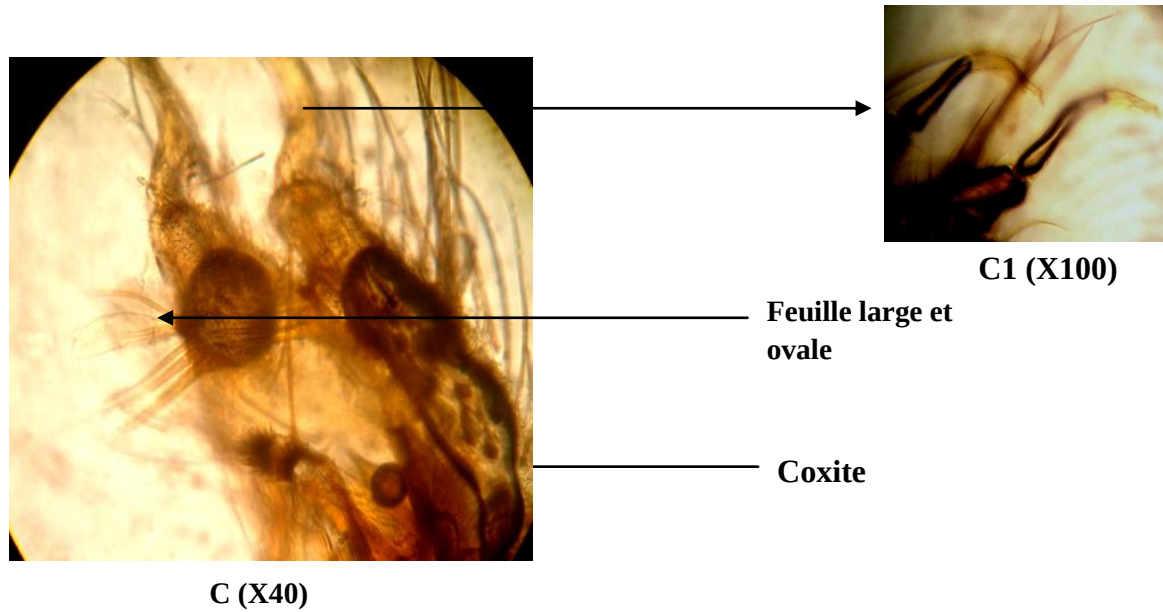


Figure 23: Structure du génitalia mâle d'un adulte de *Culex antennatus*. C1: gonostyle et épine terminale.

Bioécologie :

Cette espèce fréquente les gîtes permanents à eau stagnante riche en végétation. Cette espèce existe en Algérie et au Maroc (Brunhes *et al.*, 1999).. Elle a été récoltée dans la région de Tébessa, dans le site de Mrij au mois de mars. *Culex antennatus* est un moustique largement répandu sur le continent Africain. On le rencontre en Egypte, en Soudan Egyptien en Abyssinie, au Tchad, au Congo, belge en Ouganda, au Kenya et au Tanganyika (Larviere & Abonnec, 1956).

Culex mimeticus (Noe, 1899):

Culex mimeticus à pour synonyme *Culex hyrcanus* (Pallas, 1771). Au niveau de la tête, l'épine préclypéal est épaisse jusqu'à l'apex (Figure 24-A2), la soie antennaire 3-A se trouve éloignée de 4-A (Figure 24-A1). Le mentum est formé de moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane (Figure 24-A3).

Le VIII^{ème} segment porte des écailles, toutes avec épine médiane (Figure 24-B2). Le siphon respiratoire est formé de soies ventrales (7 à 8 touffes ventrales) et une soie latérale (Figure 24-B1).

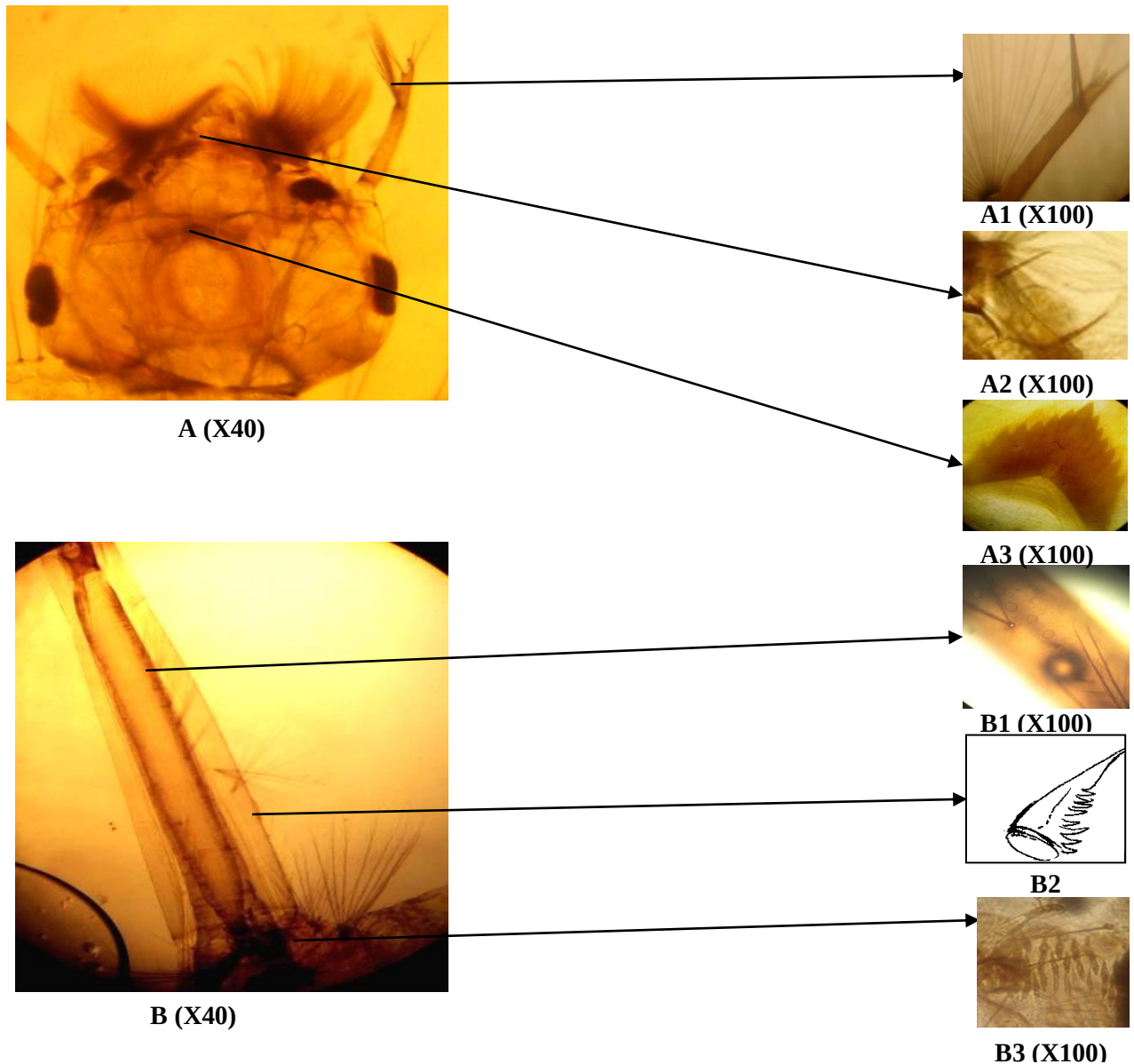


Figure 24: Critères morphologiques d'identification de *Culex mimeticus*. A: la tête. A1: 3-A et 4-A. A2: épine préclypéale. A3: mentum. B: extrémité abdominale. B1: soie latérale. B2: dent distale. B3: écaille du segment VIII.

Bioécologie: La fréquence globale de *Culex mimeticus* en Algérie est de 1,8 % (Senevet & Andarelli, 1960). Les larves de cette espèce ont été récoltées dans oued Melègue, au mois d'août, elles sont associées à *Culex pipiens*, *Culex univittatus*, *Culex perexiguus* et *Culiseta longiareolata*.

D'après Senevet & Andarelli (1960) *Culex mimeticus* est une espèce de l'Algérie du Nord, exceptionnelle dans les Aurès et inconnue au Sahara. Les femelles ne piquent pas l'homme ni les autres mammifères. L'espèce est sans importance médicale (Brunhes *et al.*, 1999).

***Culex (Neoculex) territans* (Walkes, 1856) :**

Au niveau de la tête, l'épine préclypéale 1-C est mince et effilée à l'apex (Figure 25-A2), la soie antennaire 3-A est à proximité de 4-A (Figure 25-A1). Le mentum avec moins de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane (Figure 25-A3).

Le siphon est à bord concave et la soie 1a-S est au-delà de la dent distale du peigne du siphon, avec 2 à 5 branches (Figure 25-B2) et la soie subapicale 2-S est courte (Figure 25-B1) (Brunhes *et al.*, 2001). Ce dernier est rétréci en son milieu. (Himmi *et al.*, 1995)

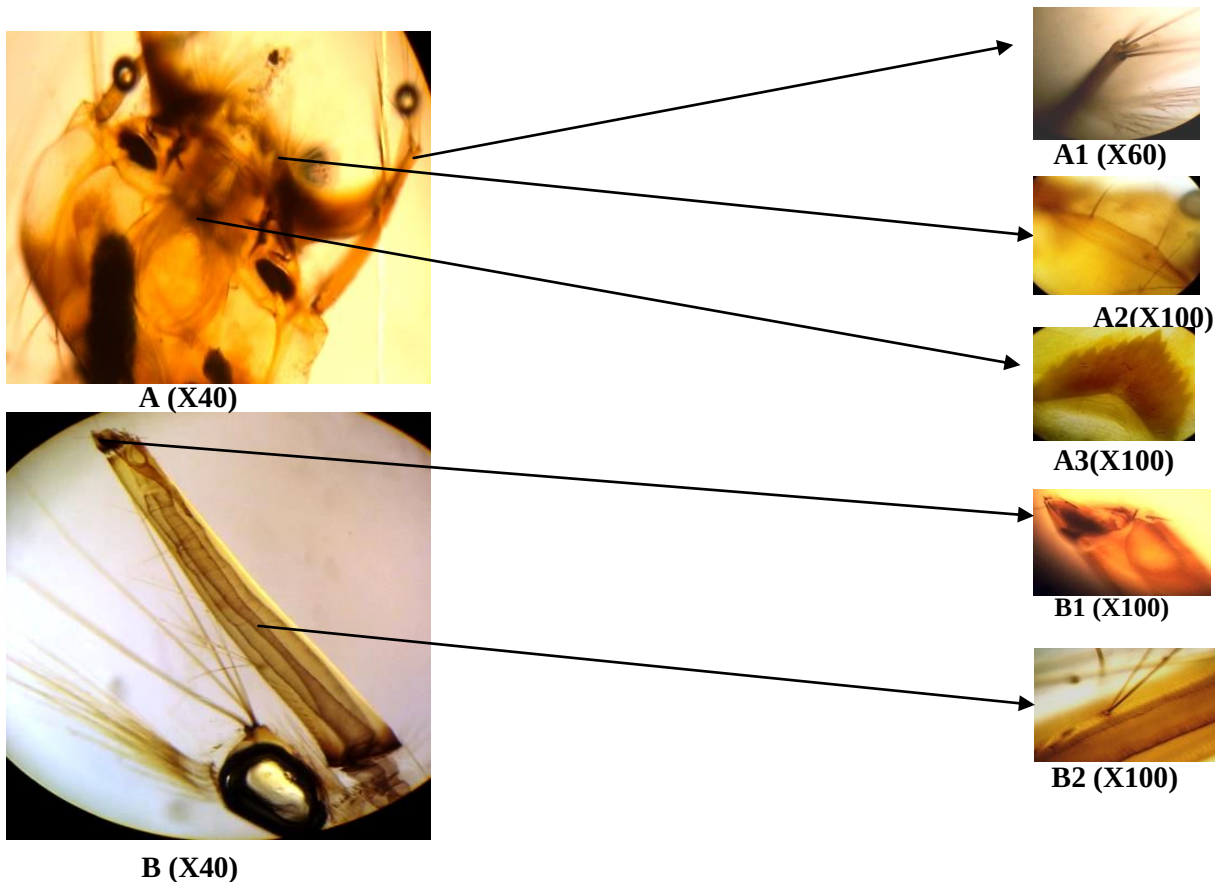


Figure 25: Critères morphologiques d'identification de *Culex territans*. A: tête. A1: les soies A-3 et A-4. A2: épine préclypéale. A3: mentum. B : siphon respiratoire. B1: la soie subapicale 2-S. B2: la soie 1a-S.

Bioécologie :

Elle a été identifiée pour la première fois en Algérie par Seguy (1924). *Culex territans*, présentes plusieurs générations annuelles, mais les populations sont essentiellement estivales. Les larves sont présente de milieux printemps jusqu'au gelées d'automne. Elles se développent dans des gîtes variés tel que les marais permanents, les mares et fosses tourbeux, les ruisseaux à court lent une préférence se dessine pour les eaux pures fraîches ensoleillées

dans les régions froides et ombragées dans les régions chaudes, mais l'espèce peut s'accommoder d'eaux salées (Brunhes *et al.*, 2001). Les larves semblent préférer les gîtes naturels, elle a été observée dans le site Marja, Ouenza et Mrij. Présente au printemps et en été.

***Culex (neoculex) impudicus* (Ficalbi, 1890) :**

Au niveau de la tête la soie préclypéale 1-C est mince et effilé jusqu'à l'apex (Figure 26-A2), la soie 3-A est à proximité de 4-A (Figure 26-A1) et la soie 14-C est formée de 3 branches (Figure 26 -A4). Le mentum avec plus de 8 dents de part et d'autre de la dent médiane (Figure 26-A3). Le siphon porte uniquement des soies ventrales. Les écailles sont disposées en rangées plus ou moins régulières (Figure 26-B1). Cette espèce est morphologiquement très proche de *Culex territans*, l'identification entre les deux espèces est faite par l'examen des génitalia mâle.

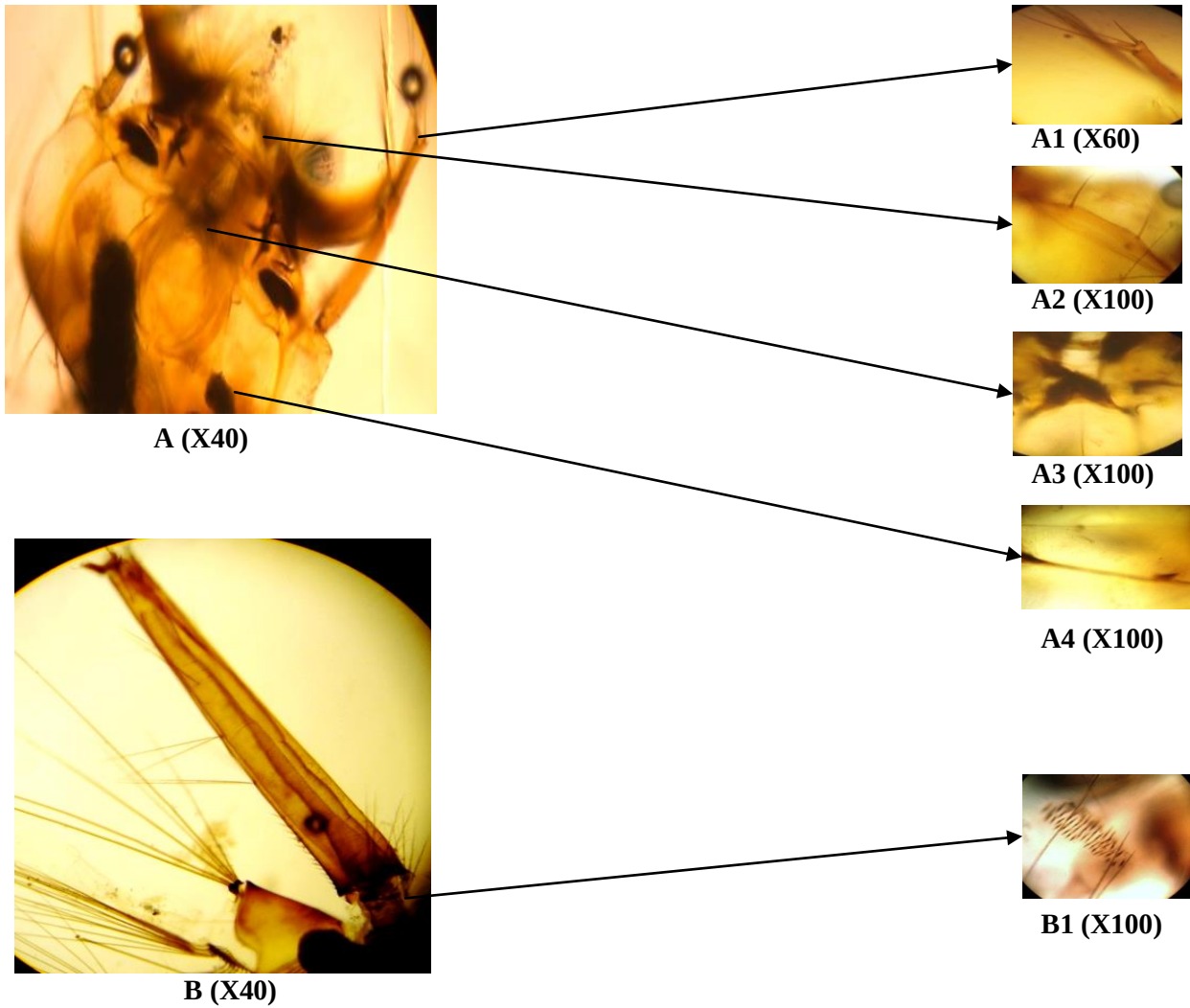


Figure 26: Critères morphologiques d'identification de *Culex impudicus*. A: tête. A1: soies A-3 et A-4. A2: épine préclypéale. A3: mentum. A4: soie C-14. B: extrémité abdominale. B1: les écailles du segment VIII.

L'adulte de cette espèce est de taille moyenne. L'abdomen est presque entièrement sombre. Sauf une mince ligne d'écailles blanche à l'apex de chaque segment le huitième tergite est entièrement blanc (Figure 27-A1) (Brunhes *et al.*, 2001).

Le génitalia mâle est caractérisé par un gonocoxite qui est de forme quadrangulaire celui-ci est formé par deux groupes de soies distincts (Figure 27-B1). Le gonostyle présente une ornementation dorsoapicale avec une seule dent (Figure 27-B2). L'épine terminale du gonostyle est tout à fait particulière. Celle-ci est de forme spatulée et un apex du style en forme de marteau ou de pic. (Figure 27-B2) (Himmi *et al.*, 1995).

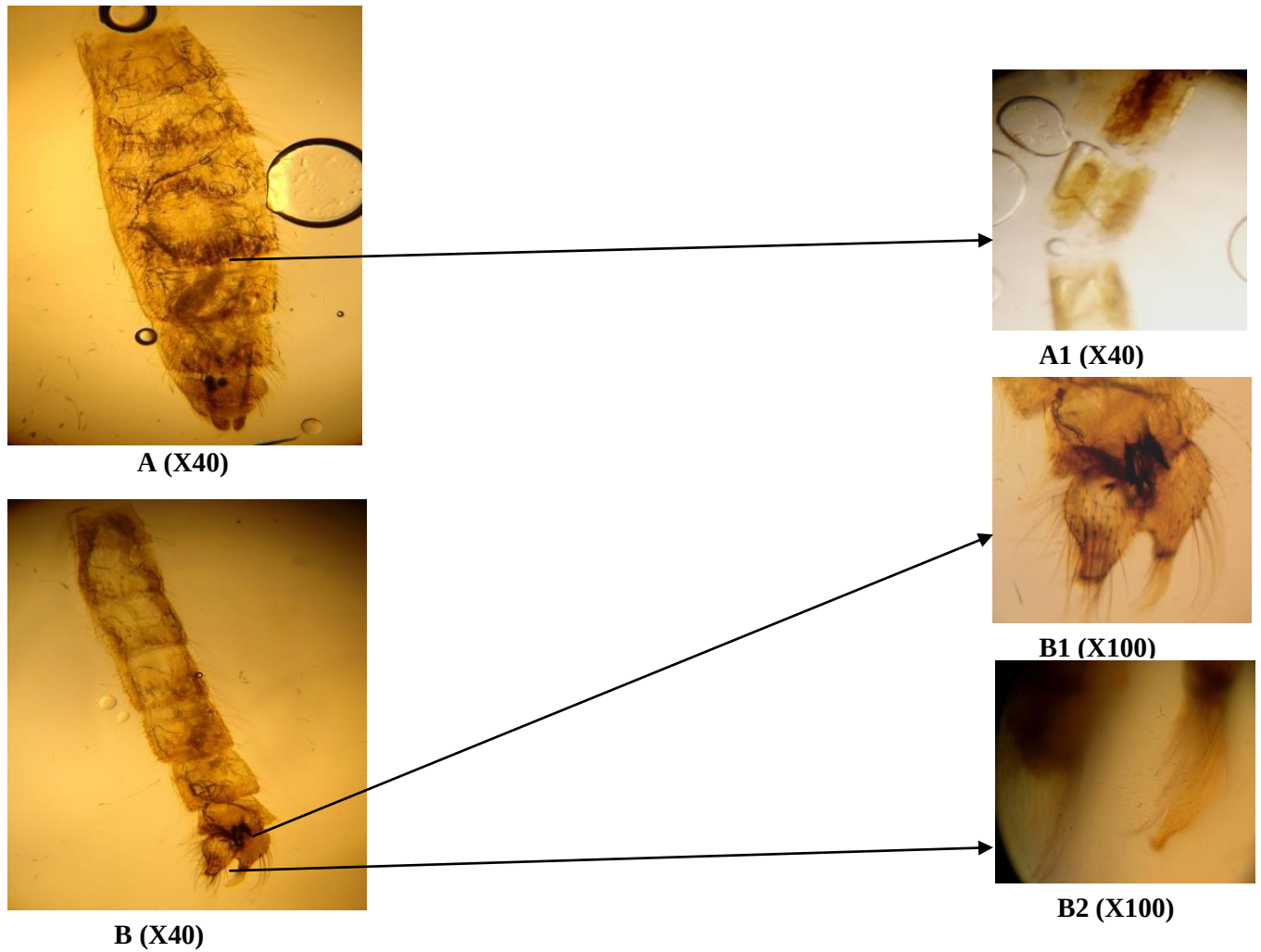


Figure 27: Segments abdominaux d'adulte de *Culex impudicus*. A: abdomen d'une femelle. A-1: bonde d'écaille claire. B: abdomen d'un mâle. B1: génitalia mâle. B2: épine terminale.

Bioécologie :

Les larves de *Culex impudicus* ont été récoltées que dans le gîte d'Ouenza et marquent une seule apparition au mois de septembre 2011. Nous avons trouvé cette espèce associée à plusieurs espèces de Culicidae tel que *Culex pipiens*, *Culex territans*, *Culex modestus*, *Culex laticinctus*, *Culex perexiguus*, *Culex pusillus*, *Culiseta longiareolata* et *Uranotaenia unguiculata*. D'après Senevet & Andarelli (1959), les femelles passent l'hiver dans les cavités naturelles, elles pondent en mars ou avril. Elles sont essentiellement batracophiles (Brunhes *et al.*, 2001).

***Culex univittatus* (Théobld, 1903) :**

La tête est caractérisée par un mentum de 8 dents ou plus de part et d'autre de la dent médiane (Figure 28-A1). Le siphon est formé de soies ventrales et deux touffes de soies latérales (Figure 28-B1).

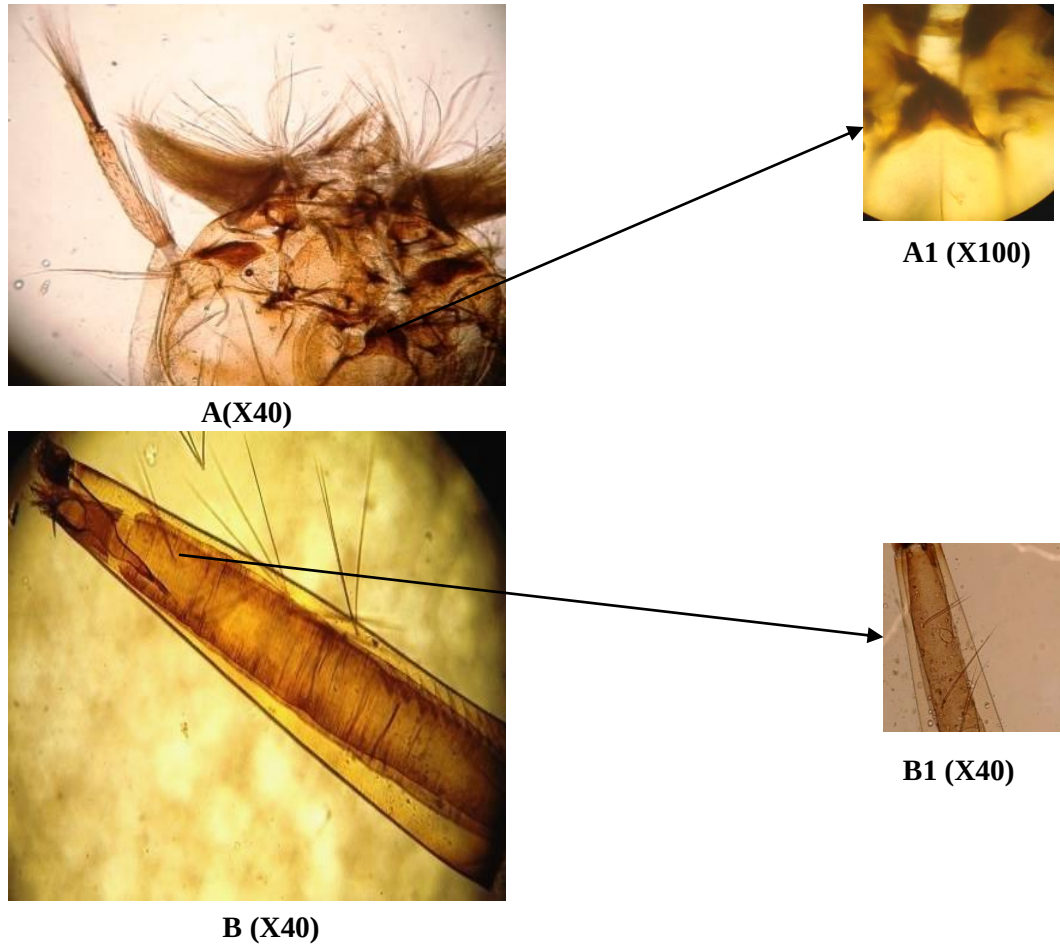


Figure 28: Critères morphologiques d'identification de *Culex univittatus*. A : tête. A1 : mentum. B: siphon respiratoire. B1 : soies latérales.

La figure 29-C montre les tergites abdominaux de l'adulte de *Culex univittatus*, l'aile est caractérisée par une nervure costale sombre (Figure 29-A). Himmi *et al.*, (1995) rapportent qu'il y a un anneau ou une tache développée à l'apex du troisième patte au niveau du tibia (Figure 29-B).

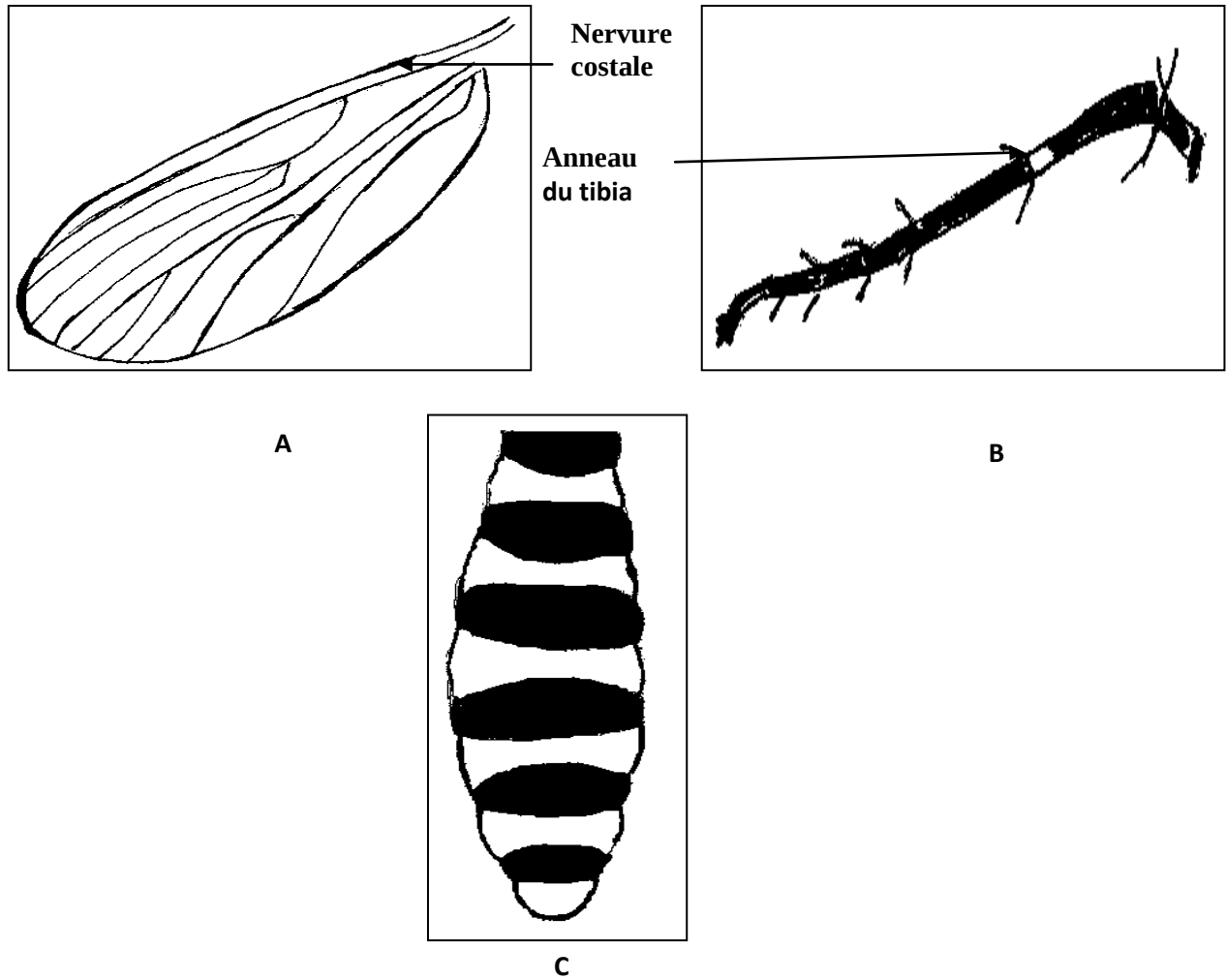


Figure 29: Adulte d'un *Culex univittatus*. A: nervure costale. B: tibia de la troisième patte. C: tergites abdominaux

Bioécologie:

L'aire de répartition de cette espèce comprend les zones arides de l'Afrique du Nord et de l'Est ainsi que l'Asie du Sud- Ouest, il est également présent dans quelques pays de l'Europe Méditerranéenne. Les femelles semblent se nourrir essentiellement sur les oiseaux, il leur arrive cependant de pénétrer dans les maisons et de piquer l'homme pendant la nuit. L'espèce est soupçonnée d'être vectrice des virus West- Nile et Sindbis au Moyen Orient (Brunhes *et al.*, 2001).

Culex univittatus a été récolté dans tous les gîtes sauf les gîtes: Copemad, Fatma El-zohra et El Hammamet avec une apparition qui s'étend de avril jusqu'au novembre c'est une espèce très répandue à Tébessa. Nous avons trouvé cette espèce associée à plusieurs espèces

de Culucidae tel que *Culex pipiens*, *Culex p. molestus* et *Culiseta longiareolata* dans plus de deux gîtes.

***Culex pipiens molestus* (Forskal, 1775):**

Selon Bendali (1989), la larve au niveau de la tête est caractérisée par des touffes prés antennaire formée de 13 soies plumeuses plus au moins longues (Figure 30-A). Le siphon porte des touffes de soies abdominales dorsales et ventrales, les soies siphonales dorsales sont disposées en zigzag (Figure 30-B). Les écailles sont toutes sans épine médiane et de nombre d'une soixantaine (Figure 30-B1). La soie subapicale 2-S du siphon est courte (Figure 30-B1).

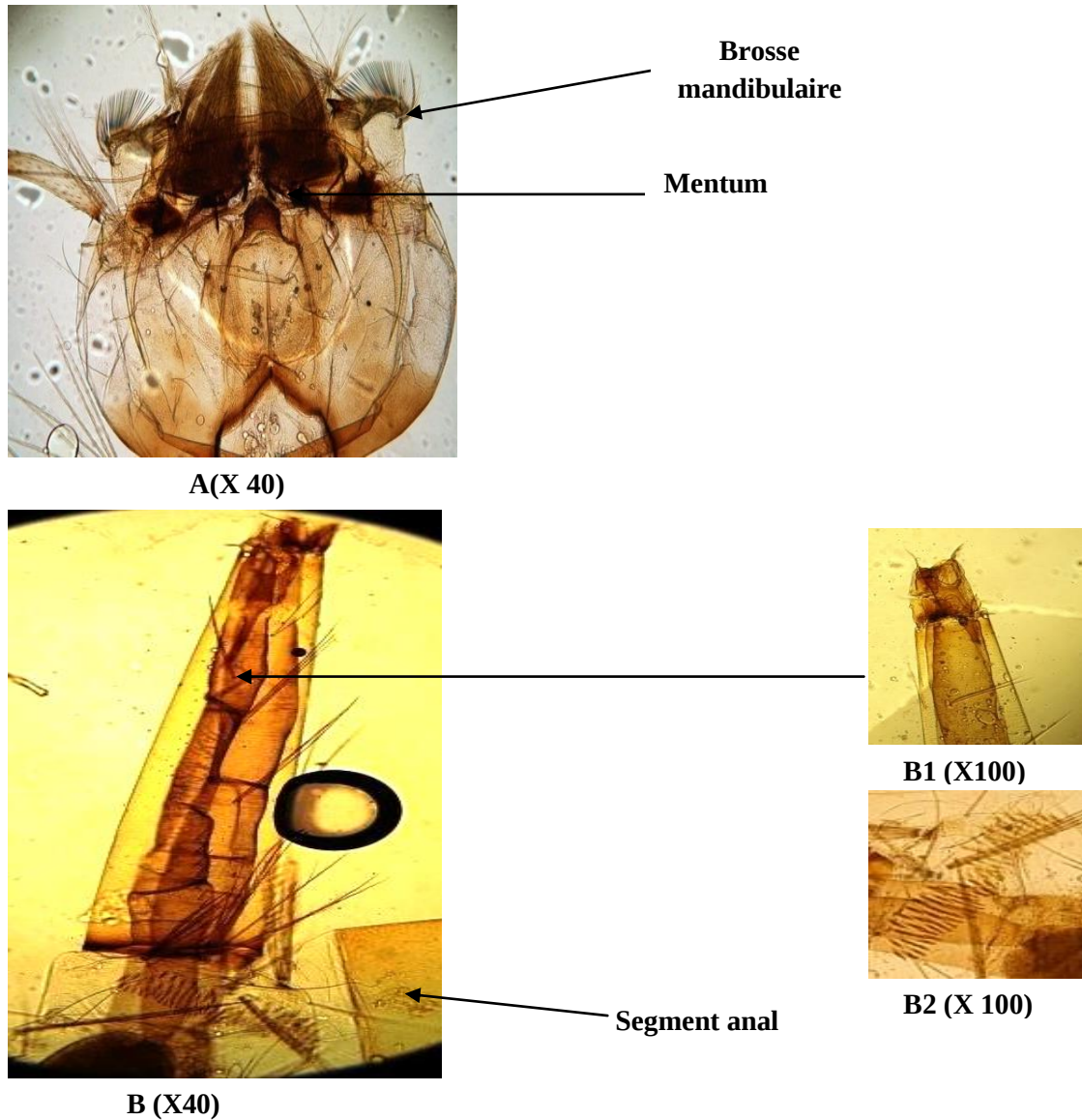


Figure 30: Critères morphologiques d'identification de *Culex pipiens molestus*. A: tête de la larve. A1: antenne. B: siphon respiratoire. B1: épine subapicale 2- S. B2: Les écailles du segment VIII.

3.1.2. Caractéristiques morphologiques d'identification et bioécologie du genre *Culiseta* (Felt, 1904):

Les espèces qui appartiennent à ce genre possèdent les caractères morphologiques suivants :

Les œufs sont pondus en radeau. Le siphon respiratoire des larves de ces espèces est assez particulier, car il porte une paire de soies insérées à la base du peigne, et absence

totale des plaques abdominaux sur le segment VIII. Les femelles à l'état adulte sont de grande taille avec des coquies thoracique préspiraculaires.

***Culiseta (Allotheobaldia) longiareolata* (Aitken, 1954) :**

Culiseta longiareolata à pour synonymes *Culex longiareolata* (Macquart, 1838) et *theobaldia spathipalpis* (Sergeant, 1909).

La tête est sombre, très pigmentée, l'antenne est courte à tégument lisse (Figure 31-A1). Le mentum est triangulaire (Figure 31-A2). Le peigne siphonal s'étend sur quasiment tout le siphon avec des dents disposées irrégulièrement le long du siphon (Figure 31-B) et deux touffes de soies basales (Figure 31-C).

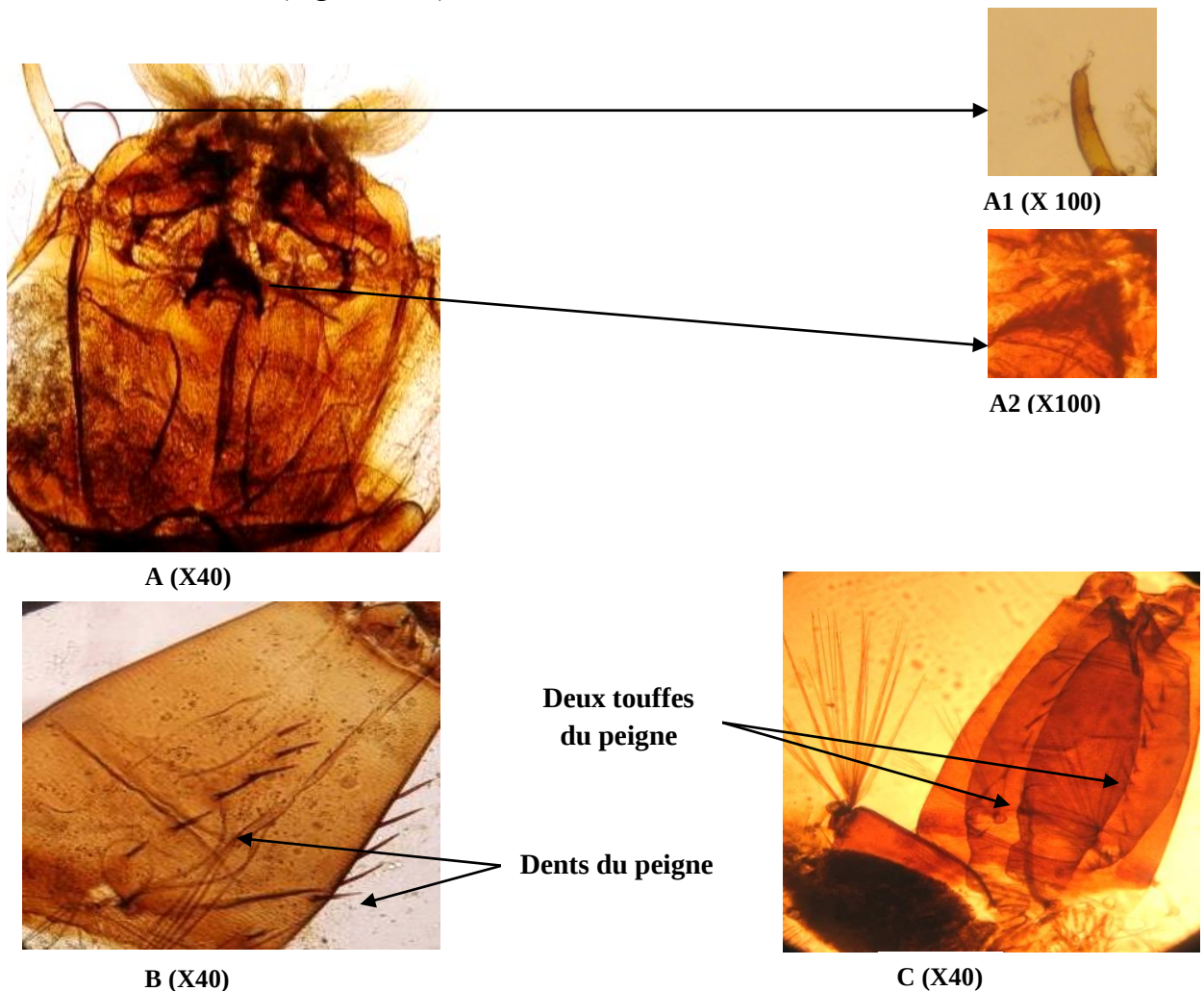
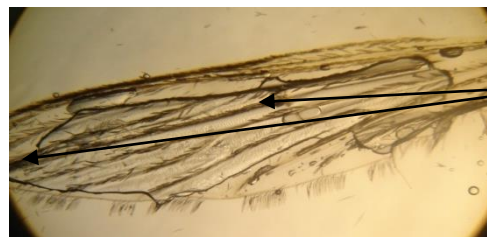


Figure 31: Critères morphologiques d'identification de Larve de *Culiseta longiareolata*. A1: antenne. A2: mentum .B: siphon respiratoire, les touffes basales.

L'adulte de *Culiseta longiareolata* est caractérisé par une tête couverte d'écailles sombre est le scutum se distingue par trois anneaux claires, on remarque aussi la présence d'une tache d'écailles sombre sur l'aile (Figure 32-A).

Au niveau de l'abdomen, l'ornementation des tergites III avec une bande basale claire et un semis d'écailles claires chez la femelle. Chez le mâle, le génitalia est caractérisé par un coxite est abondamment poilu, environ deux fois court, portant à l'apex une forte épine trapue (Figure 32-C1).

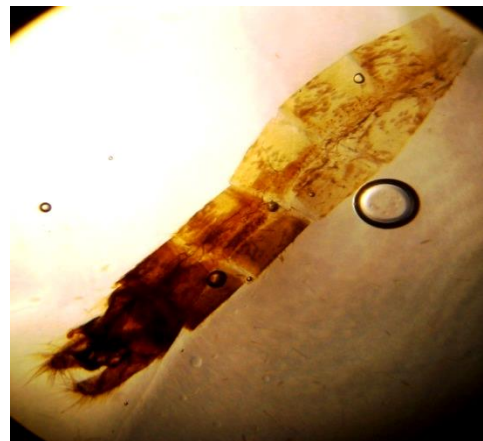


Taches d'écailles
sombres

A (X 40)



B (X 40)



C (X 40)



B1 (X 40)



C1 (X 40)

Figure 32: A: L'aile de *Culiseta longiareolata*. B: abdomen d'une femelle de *Culiseta longiareolata*. B1: génitalia femelle. C: abdomen d'un mâle. C1: génitalia mâle.

Bioécologie :

Culiseta longiareolata est l'espèce la plus fréquemment trouvée dans les gîtes d'étude tel le gîte: El Hammamet, Morsott, Mrij, Ouenza et Tébessa, sauf le gîte hypogé (G3).

elle a été récoltée pendant toute la période d'étude et dans des différents types de gîtes à savoir les gîtes polluées, les gîtes permanents a eau stagnantes riche ou pauvre en végétations et dans les gîtes temporaire avec ou sans végétations. Elle est prédominante dans la région de Tébessa.

Au Maroc, elles sont présentes de l'automne au printemps (Himmi *et al.*, 1998). D'après Brunhes *et al.*, (1999) l'espèce est multivoltine, stenogame et autogène, son rôle de vecteur de parasitoses humaines ne peut être que des plus réduit. Les femelle piquent également l'homme et les animaux domestiques mais celles a n'ont pas été impliquée dans la transmission des parasitoses humaines (Senevet & Andarelli, 1959 ; Brunhes *et al.*, 1999).

***Culiseta subochrea* (Edwards, 1921) :**

Culiseta à pour synonymes *theobaldia annulata* var. *subochrea* Edwards (1921) et *Culex penetrans* Robin-Desvoidy (1928). Chez la larve les dents du peigne siphonal de la larve sont implantés en ranger régulière et la distance entre les soies céphaliques DD est plus courte que celle des soies CC (Figure 33-A et Figure 33-B).

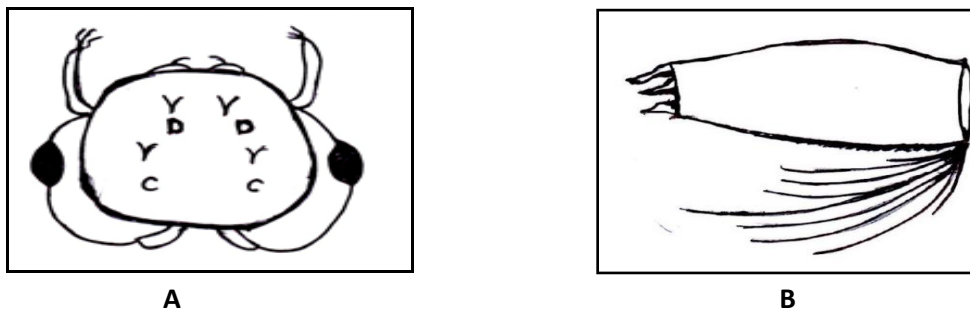


Figure 33: Larve de *Culiseta subochrea*. A: tête : les soies céphaliques : DD < CC. B: siphon respiratoire.

Bioécologie :

Culiseta subochrea se répartie en Algérie, au Maroc, en Egypte et en Tunisie (Brunhes, 1999). Elle a été signalée en Algérie par Seguy en 1924 où les larves sont à l'origine de Ténès et Mitidja (Senevet & Andrelli, 1959).

Les larves se développent dans les fossés bordant les routes, dans les mares forestières dans les gîtes où l'eau est généralement douce peu chargée de matière organiques, mais elles peuvent également supporter les eaux saumâtres (Brunhes *et al.*, 1999). Ce n'est pas le cas dans un bassin riche en matière organique de petite dimension. Elle a été récoltée pendant le mois de juin, à l'état larvaire dans le gîte de Fatma El-zohra associée à *Culiseta longiareolata* et à plusieurs *Culex*.

***Culiseta annulata* (Schrank, 1776) :**

Chez la larve, au niveau de la tête, les soies céphaliques DD sont écartées plus que les soies CC (Figure 34-A2).

Le peigne siphonal de cette espèce contient plus de soies que des épines qui sont implantées en rangée régulière. (Figure 34-A2).

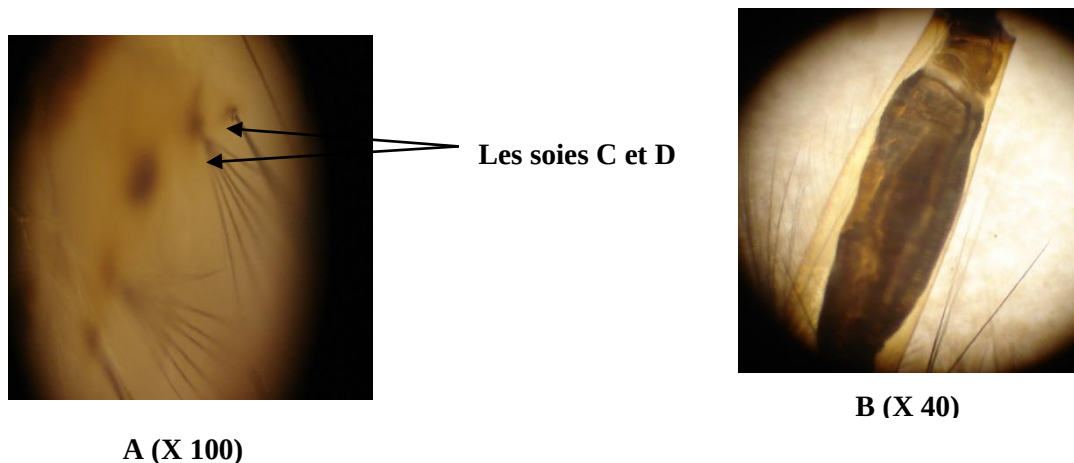


Figure 34: Critères morphologiques d'identification de larve de *Culiseta annulata*.

A1: tête : les soies céphaliques : DD et CC. B: siphon respiratoire.

Bioécologie :

L'espèce *Culiseta annulata* est présente dans toute l'Europe. Dans les régions septentrionales jusqu'à la Méditerranée. Elle a été aussi signalée dans les pays du Maghreb où elle se rencontre le plus souvent en altitude (Brunhes *et al.*, 1999).

Les femelles de *Culiseta annulata* piquent tous les vertébrés à sang chaud mais avec une préférence pour les oiseaux. Elle a été impliquée dans la transmission de virus de la Myxomatose et de *Plasmodiums* d'oiseaux, c'est un vecteur possible du virus Tahyna (Brunhes *et al.*, 2001). *Culiseta annulata* a été trouvée une seule fois au mois d'avril, 2011 en aval d'oued Melègue (G7). Ces résultats ne concorde pas avec ceux de Rioux; 1958: *Culiseta annulata* montre une certaine préférence pour les gîtes de petite dimension à eau riche en matière organiques.

3.1.3. Caractéristiques morphologiques d'identification et bioécologie du genre *Aedes* (Meigen 1818; Dyar et Knab, 1906) :

Ce genre de la famille des Culicidae contient des espèces bien particulières par :

Leurs œufs qui sont pondus isolément accrochés à l'eau par un système de réticulations tensioactives.

Les œufs des *Aedes* sont pondus isolément. Certaines espèces les déposent sur le bord des gîtes, dans la boue ou sur la végétation où ils peuvent résister à la dessiccation pendant plusieurs semaines ou mois, jusqu'à ce qu'ils soient immergés (Laurent, 2005),

Les larves sont pourvues d'un siphon respiratoire trapu portant une touffe de soie médiane.

Les adultes se caractérisent par la présence de soies post spiraculaires, le génitalia des mâles se distingue par la présence d'un gonostyle très net entaillant le bord interne du gonocoxite sur toute sa longueur, ce sont des moustiques de couleur foncée garnis d'écailles blanches brunes ou dorées et les ailes sont non tachées.

***Aedes (Ochleratattus) Caspius* (Pallas, 1771) :**

Aedes caspius a pour synonyme *Aedes punctatus* (Meigen, 1804) et *Culex dorsalis* (Theobald, 1901).

La larve est caractérisée par un segment antennaire nettement spéculé, et la soie A-1 est constituée de plus de trois branches (Figure 35-A1), les dents du VIII^{ème} tergite sont disposées en désordre (Figure 35-B3).

Le siphon dépourvu de soies dorsales (Figure 35-B), La soie 1a-S est de 5 à 10 branches (Figure 35-B1) et les dents du peigne du siphon en une forme d'épines (Figure 35-B2). Le moustique est reconnaissable à ses couleurs pales, au scutum qui présente des bandes claires continues, avec des écailles de couleur jaune crème ou blanche à la ligne abdominale médiane dorsale d'écailles pales (Figure 35-C).

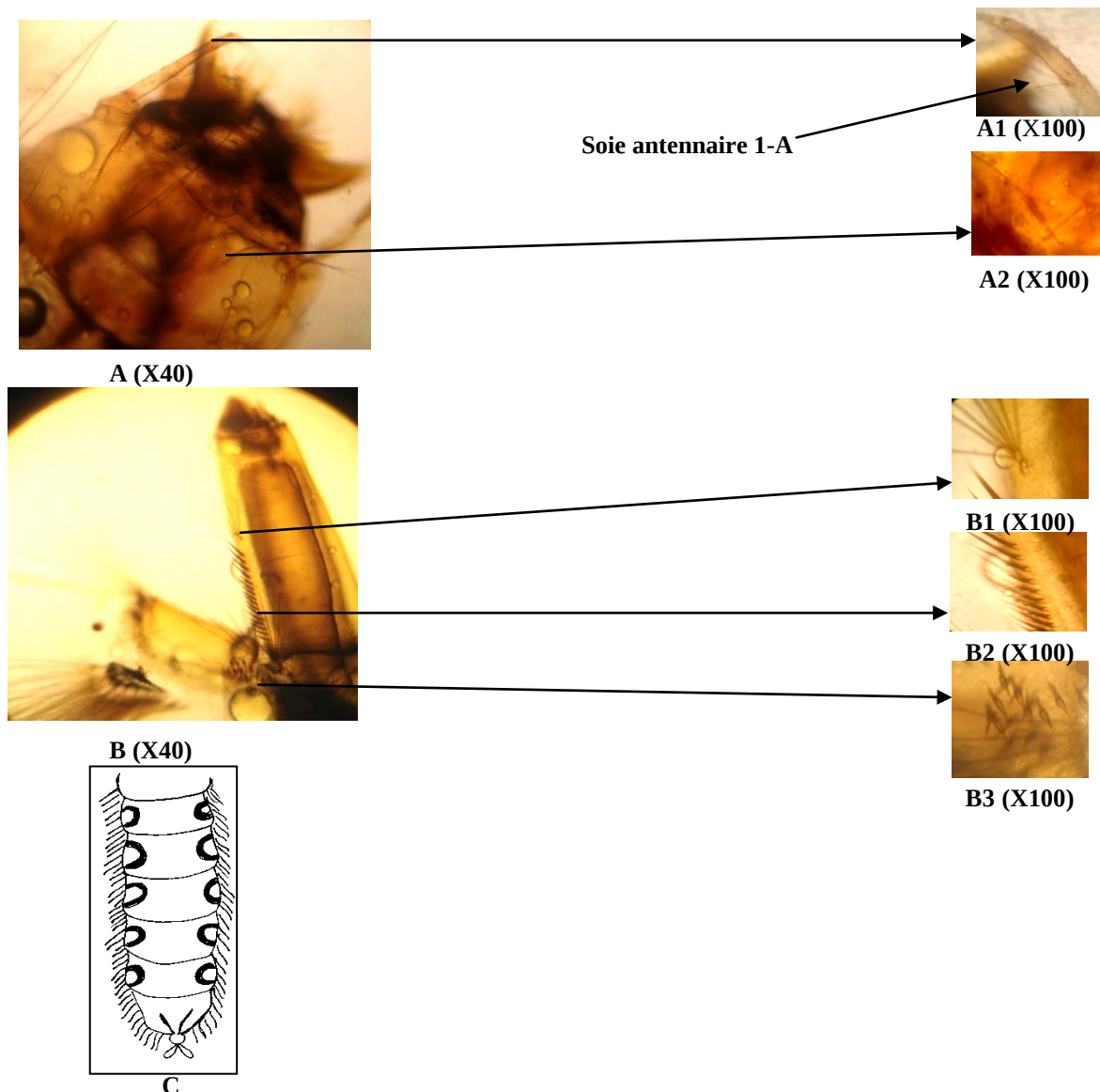


Figure 35: A: Critères morphologiques d'identification de la tête d'*Aedes caspius*. A1: antenne. A2: soie céphalique 6-C. B : siphon respiratoire. B1: la soie 1a-S. B2: dents du peigne siphonal. B3: dents du segment VIII. C: les tergites abdominaux de l'adulte *Aedes caspius*.

Bioécologie:

Aedes (Ochleratattus) caspius a été observé dans tous les pays d'Afrique Méditerranéenne mais toujours à basse altitude. *Aedes caspius* est un vecteur de filaires animales et d'arbovirus (Tahyna, virus de la Myxomatose), peut être infecté naturellement par le virus West- Nile et dissémine la tularémie (Brunhes *et al.* 2001).

Ochlerotatus caspius (Pallas) est un moustique répandue de la santé du grand public et économique. L'impact dans les pays Méditerranéens comme l'Espagne, la France, L'Italie et la Grèce. Compte tenu de son anthropophilie marqué par Porretta *et al.*, (2007) .

L'espèce se reproduit dans plusieurs types de gîtes temporaire et y compris les eaux peu profondes, eau salée, saumâtre et eaux douces, le plus souvent des gîtes de grande taille (mares, marais, rizières, canaux..) mais parfois de dimension réduites (fossés, puits abandonnés..) (Brunhes *et al.*, 1999). L'éclosion différée de quelques œufs faits que les larves peuvent être présente presque toute l'année dans les gîtes (Brunhes *et al.*, 2001). Nous avons récoltés cette espèce dans le fossé d'Ouenza et la station de Mrij, à l'état larvaire en avril, mai et juillet.

***Aedes dorsalis* (Meigen, 1830):**

Chez la larve, l'ornementation du tégument de l'antenne est nettement spiculé et la position de la soie antennaire 1-A sur la moitié basale. Celle-ci est de nombre de trois branches et plus (Figure 36-A1). La soie 6-C est formée seulement d'une branche (Figure 36-A2). Au niveau de l'abdomen les dents du peignes du VIII^{ème} segment sont avec dent médiane non nettement plus longue (Figure 36-B3).

Le siphon est court et dépourvue de soies dorsales et les dents du peigne du siphon en une forme d'épines (Figure 36-B1). Dans le segment X, les papilles annales sont courtes et lancéolé avec une selle incomplète (Figure 36-B2).

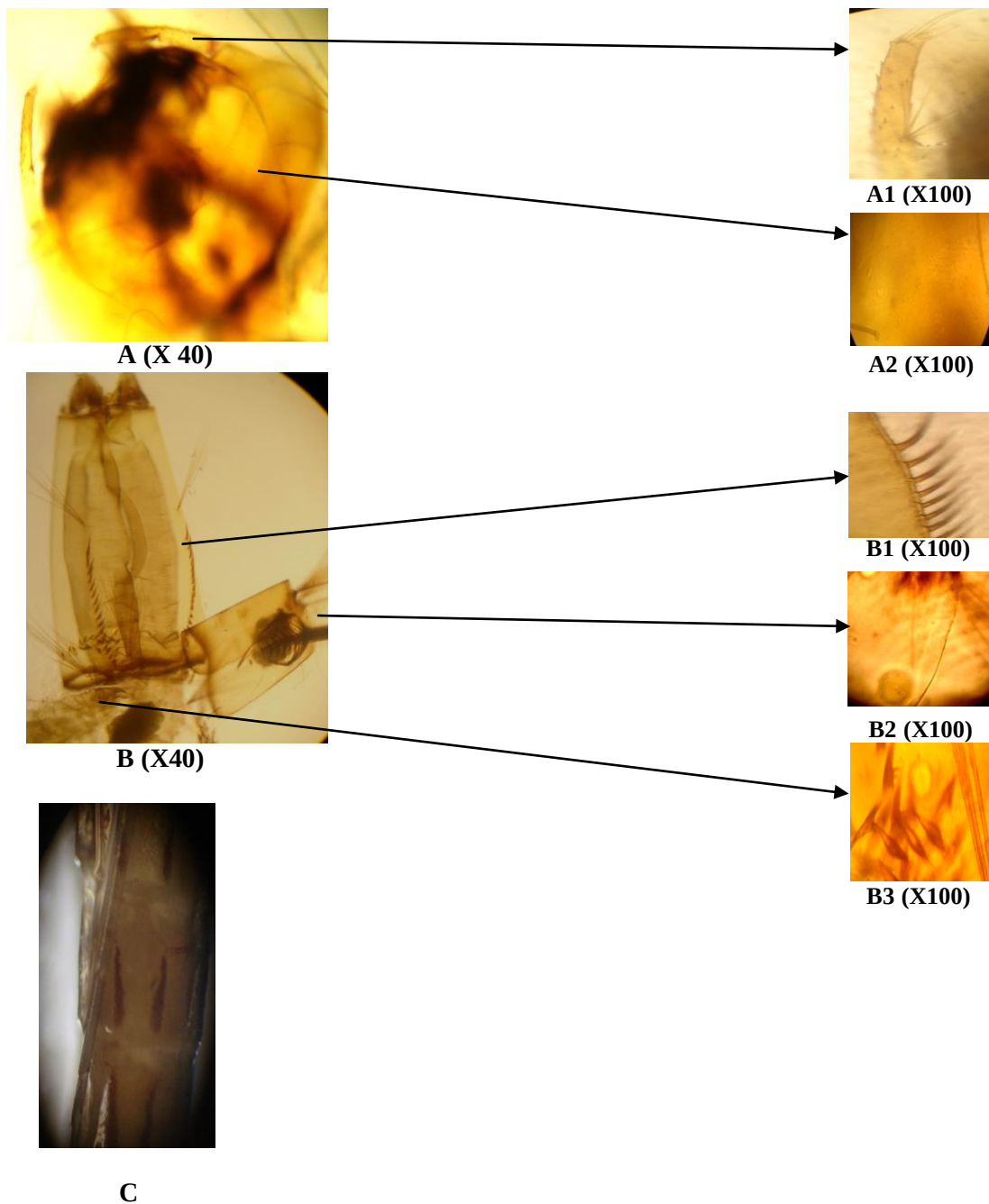


Figure 36: Critères morphologiques d'identification de larve d'*Aedes dorsalis*. A: tête. A1: antenne. A2: soie céphalique 6-C. B1: dent du peigne siphonal. B2: dent du segment VIII. B3: les écailles. C: tergites abdominaux d'*Aedes dorsalis*.

Bioécologie :

Aedes dorsalis est une espèce anthrophile qui peut pulluler, car ses gîtes larvaires sont très étendus ; la nuisance qui en découle est alors importante pour les animaux (Brunhes *et al.*, 1999). *Aedes dorsalis* a été signalé au Maroc et en Égypte, les larves se développent dans

les marais et marécages dont l'eau est saumâtre ou salée généralement peu profonde (Brunhes *et al.*, 1999). Cette espèce a été récoltée à l'état larvaire et adulte dans le gîte d'Ouenza au printemps.

***Aedes (stenogomyia) aegypti* (Linnaeus, 1762) :**

Les caractéristiques descriptives des adultes sont : un porobascis qui a une couleur entièrement sombre (Figure 37-A). Le thorax au niveau du scutum porte des écailles de couleur blanches et noire ; L'ornementation de scutum, avec bandes continues (Figure 37-B)

La couleur du tibia est entièrement noire (Figure 37-C). L'ornementation du tergite est noire avec des bandes latérales claires (Figure 37-D) (Brunhes *et al.*, 2001).

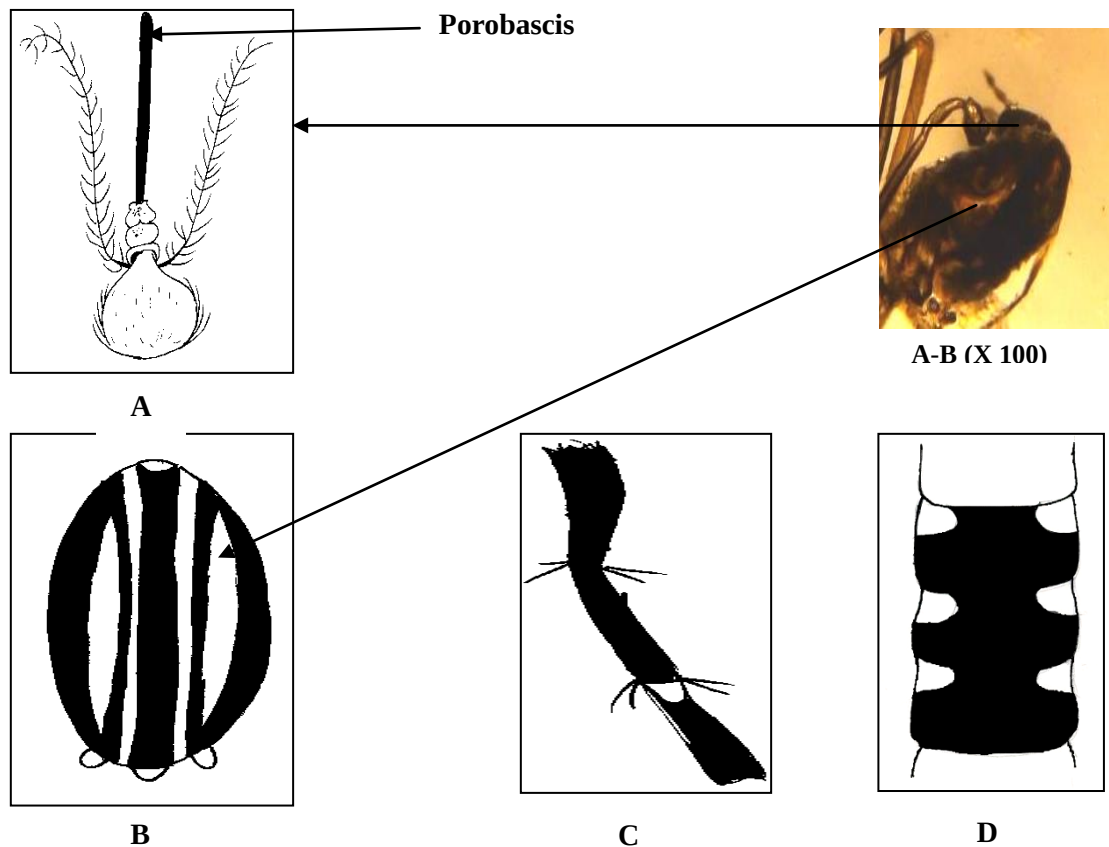


Figure 37: Adulte d'*Aedes aegypti*. A: porobascis. B: thorax. C: tibia. D: les tergites abdominaux.

Bioécologie :

Aedes aegypti présent dans très nombreuses régions du monde qu'il a colonisé en même temps que l'homme les larves se développent dans toutes les petites collections d'eau douce, que l'on rencontre en zone urbaine, (flaque, pots de fleur...), les femelles sont endophages dans de nombreuses régions intertropicales (Brunhes *et al.*, 2001). Selon White *et al.*, (2010) le moustique, *Aedes aegypti*, qui peut se propager la Fièvre Jaune, la Dengue et la maladie de Chikungunya.

L'espèce fait son apparition dans les sites d'Ouenza, Morsott et Mrij en été. Elle n'a été récoltée qu'à l'état larvaire durant l'année 2011.

3.1.4. Caractéristiques morphologiques d'identification et bioécologie du genre

Uranotaenia (Lynch Arribalzaga, 1891):

Le genre *Uranotaenia* présente les caractéristiques suivantes :

Les œufs sont pondus agglomérés en masses flottantes.

Les larves présentes des soies céphaliques épaisses et les plaques abdominaux ne sont présentes que sur le segment VIII (Brunhes *et al.*, 2001).

Uranotaenia unguiculata (Edwards, 1913) : La larve est remarquable à différents égards notamment par la disposition des écailles du peigne du segment VIII. Ces écailles sont unies sur une seule rangée de dents aux formes variables et forment une plaque située au milieu du segment (Figure 38-B). La soie antennaire 1-A est simple (Figure 38-A). Le siphon est développé et porte un peigne et une seule soie insérée distalement (Brunhes *et al.*, 2001)

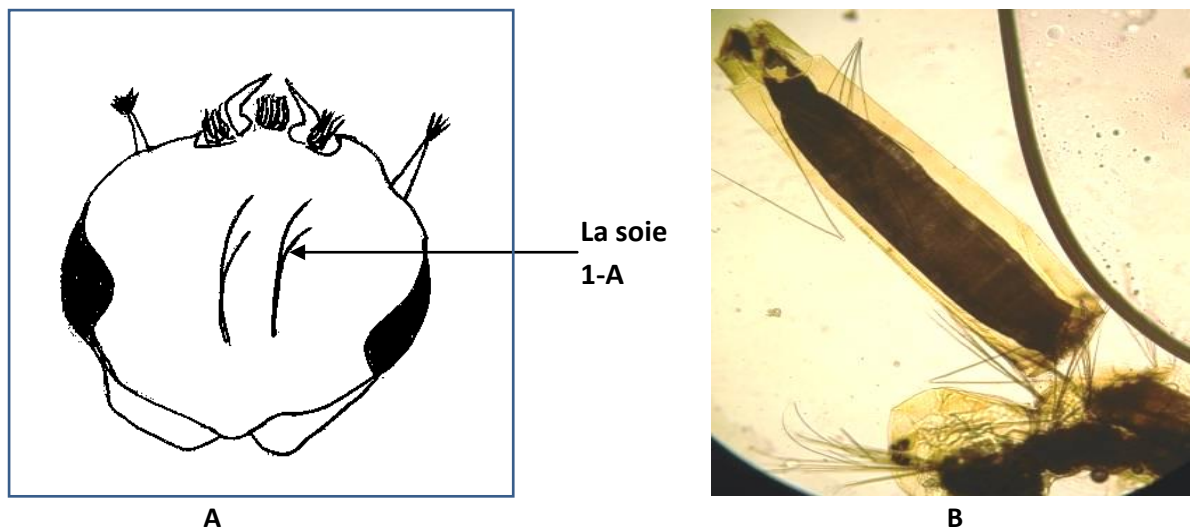


Figure 38: A: tête d'*Uranotaenia unguiculata*. B: siphon respiratoire. B1: plaques et dents du segment VIII.

Bioécologie :

Les larves colonisent les marais herbeux peu profonds et riche en matière organique d'origine végétale. Les femelles ne piquent pas les humains ni mammifère et semblent autogènes. L'espèce est sans importance médicale (Brunhes *et al.*, 2001). Les larves n'ont été signalées qu'au mois de juillet au niveau de la station d'Ouenza.

3.1.5. Caractéristiques morphologiques d'identification et bioécologie du genre *Anophele* Meigen, 1818:

Les caractères morphologique propre au genre *Anophele* sont les suivants:

Les œufs des espèces du genre *Anophèles* sont pondus un par un sur la surface de l'eau. On les reconnaît à leurs minuscules flotteurs sur les côtés (Brunhes *et al.*, 2001).

Les larves se caractérisent par l'absence du siphon, l'orifice respiratoire s'ouvre directement sur le segment VII (Figure 39-B) (Rodhain & Perez, 1985).

Les adulte se distingue par la longueur du palpe maxillaire qui est presque égale à celle de la trompe pour les deux, par leur scutellum simple sans lobe nettement marqué et par leur abdomen dépourvue d'écailles (Himmi *et al.*, 1995).

***Anophele (Anophele) labranchiae* (Falleroni, 1926) :**

D'après Seguy (1923) *Anopheles labranchiae* a pour synonyme *Anopheles bifurcatus* Meigen, 1804 et *Anophele clavigers* 1805. Cette espèce est une variété d'*Anopheles maculipennis*, pratiquement la seule identifiée en Afrique du Nord.

La tête présente des antennes courtes, la soie 1-A est insérée au niveau du tiers basal de l'antenne (Figure 39-A).

Au niveau de l'abdomen, L'orifice respiratoire s'ouvre directement sur le segment VII (Figure 39-B)

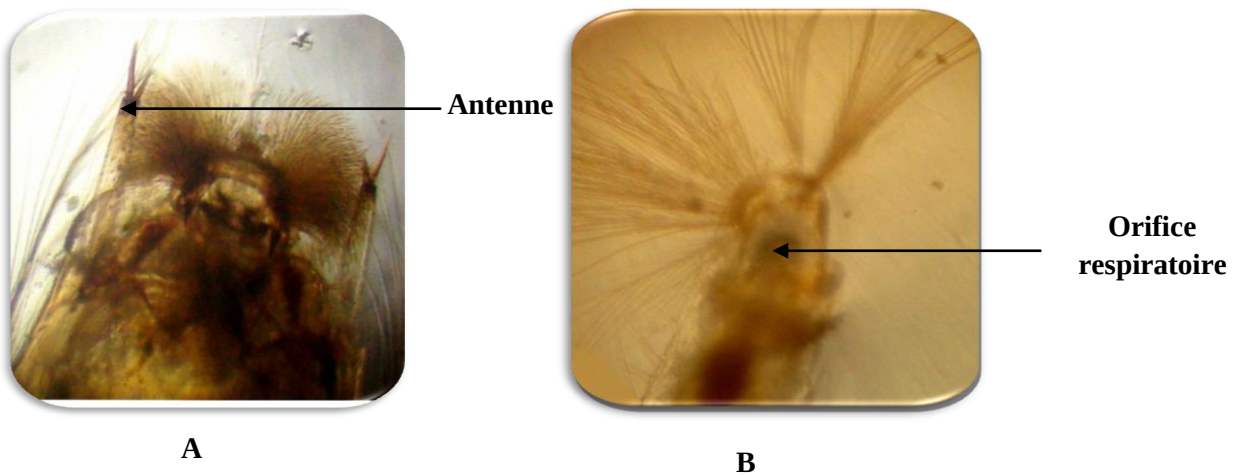


Figure 39: Critères morphologiques d'identification de l'arve d'*Anophele labranchiae*: A : tête. B: l'orifice respiratoire.

Bioécologie :

Anophele labranchiae s'observe dans toute l'Algérie, Tell et Haut Plateau (Senevet & Andrelli, 1960). Les larves ont été Capturées au niveau d'oued Melègue (Mrij) durant la saison automnale juste après les abondantes précipitations du mois d'octobre 2011. Senevet & Andrelli (1956) mentionnent que les femelles piquent l'Homme et les animaux. Cette espèce est le principal vecteur du paludisme au Maroc (Metge, 1991).

3.2. Indices écologiques:

3.2.1. Richesse totale et moyenne des Culicidae de la région d'étude :

D'après les résultats mentionnés dans le tableau 5 et les figures 40 et 41 on remarque que la richesse totale la plus élevée est signalée dans les sites d'Ouenza et Mrij avec 15 et 14 espèces respectivement comparativement aux autres sites.

La valeur minimale de la richesse moyenne est marquée au niveau du site d'Ouenza ; par contre la valeur maximale de 111,16 a été signalée dans le site de Tébessa (Les sites : Fatma El- zohra, Copemad et Marja), en deuxième position le site de Mrij avec une valeur de 71 suivie par celle du site El Hammamet (70,54) puis le site de Morsott avec 61,16.

Tableau 5: Richesse moyenne des espèces de Culicidae dans les gîtes d'études.

Stations	Tébessa	El Hammamet	Morsott	Ouenza	Mrij
Nombre totale d'individus (Ki)	1334	776	734	635	710
Nombre de relevées (N)	12	11	12	11	10
Richesse totale (S)	11	7	8	15	14
Richesse moyenne (S')	111,16	70,54	61,16	57,72	71

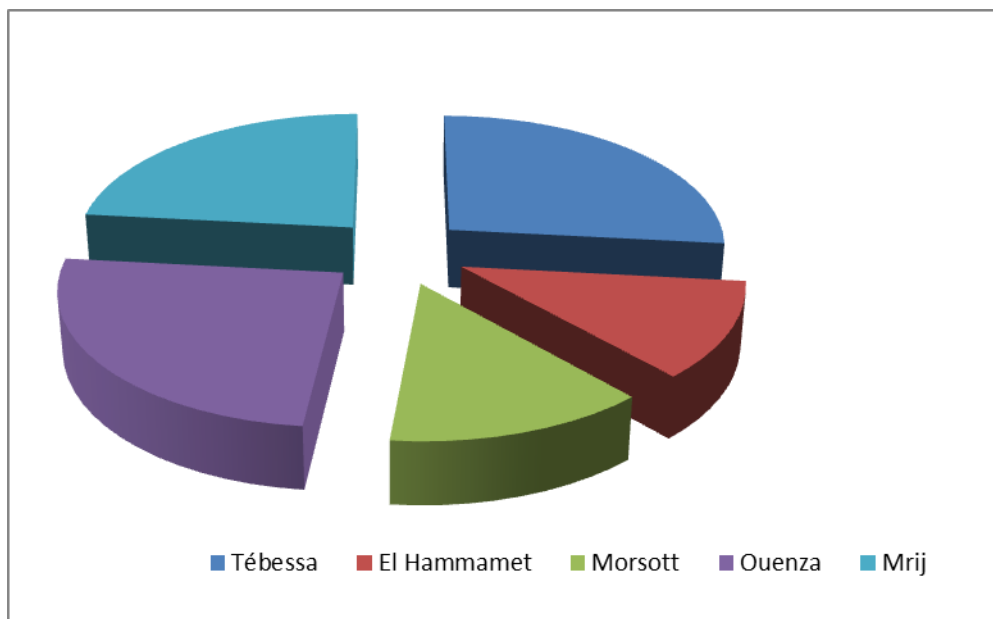


Figure 40: Richesse totale des espèces de Culicidae dans les cinq stations d'étude.

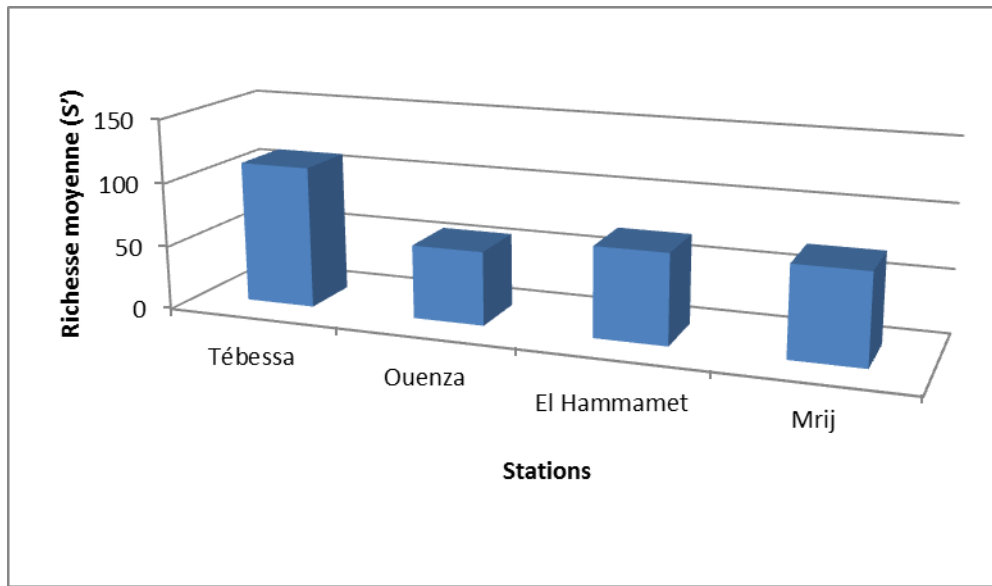


Figure 41: Richesse moyenne des espèces de Culicidae dans les cinq stations d'étude.

3.2.2. Abondance relative et la fréquence des Culicidae du gîte de Fatma-El zohra:

L'analyse des indices écologiques révèle une abondance relative de 58,28 % pour *Culiseta longiareolata*. De ce fait *Culiseta longiareolata* est estimée comme l'espèce la plus abondante dans ce gîte (Figure 42), bien que la sous-espèce *Culex pipiens molestus* est mieux représentée comparativement à *Culex pipiens* avec une abondance relative de 21 % et 17,75 % respectivement (Tableau 6). La même fréquence présentée par les espèces *Culex pipiens* et *Culex pipiens molestus* elles sont considérées accidentelles, alors que *Culiseta longiareolata*, elle est considérée comme espèce accessoire avec une fréquence de 34,28 %. Les espèces : *Aedes vexans*, *Culex perexiguus* et *Culiseta subochrea* sont considérés rares avec un taux de 2,85 % (Tableau 6).

Tableau 6: Abondance relative et fréquence d'occurrence des espèces Culicidiennes du gîte Fatma-El zohra.

Espèces	Abondance relative	Fréquence (%)
<i>Culiseta longiareolata</i>	58,28	34,28
<i>Culex pipiens molestus</i>	21	28,57
<i>Culex pipiens</i>	17,75	28,57
<i>Culex perexiguus</i>	1,77	2,85
<i>Aedes vexans</i>	0,59	2,85
<i>Culiseta subochrea</i>	0,59	2,85

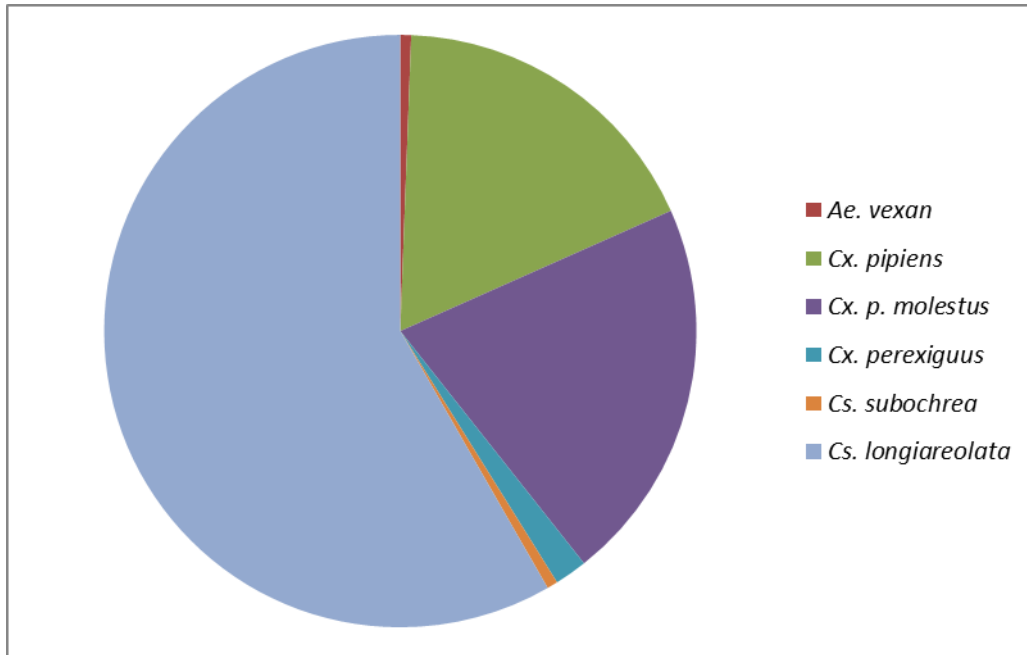


Figure 42: Abondance relative des Culicidae du gîte Fatma-El zohra.

3.2.3. Abondance relative et la fréquence des Culicidae du gîte Marja:

Les valeurs de l'abondance et la fréquence d'occurrence de chaque espèce de Culicidae renoncées au niveau du gîte Marja sont portées dans le tableau 7. L'abondance la plus élevée est de 35,81 %, elle est notée pour l'espèce *Culiseta longiareolata*, la seconde place est occupée par *Culex pipiens* avec une abondance de 22,34 % suivie par *Culex theileri* 19,85 %. Pour les autres espèces le taux d'abondance est faible, il varie entre 2,5 et 10 % (Figure 43). On ce qui concerne la fréquence, *Culiseta longiareolata* avec les deux espèces de *Culex* tel que, *Culex pipiens* et *Culex theileri* sont des espèces accessoires avec des valeurs de 25, 22,5 et 20 % respectivement. *Culex modestu* et *Culex pipiens molestus* (10 et 7,5 respectivement) sont considérées accidentelles avec les autres espèces du marais de Marja.

Tableau 7: Abondance et fréquence des espèces culicidiennes du gîte Marja.

Espèces	Abondance relative	Fréquence
<i>Culiseta longiareolata</i>	35,81	25
<i>Culex pipiens</i>	22,34	22,5
<i>Culex theileri</i>	19,85	20
<i>Culex modestus</i>	5,67	10
<i>Culex univittatus</i>	4,96	5
<i>Culex pipiens molestus</i>	4,25	7,5
<i>Culex perexiguus</i>	3,54	5
<i>Culex territans</i>	2,12	2,5
<i>Culex mimeticus</i>	1,41	2,5

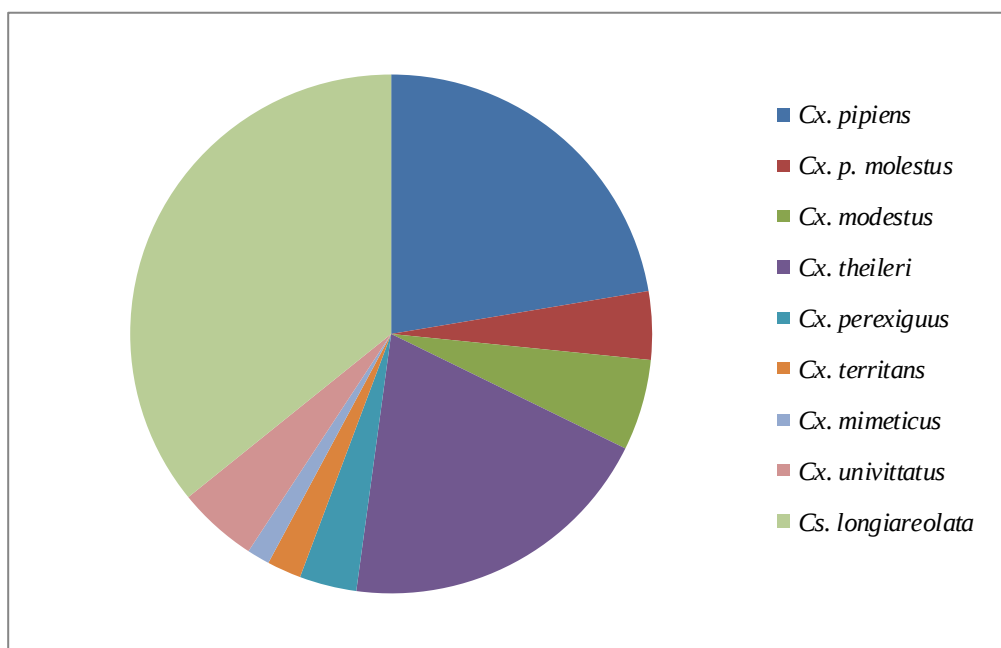


Figure 43: Abondance relative des Culicidae de la station Marja.

3.2.4. Abondance relative et la fréquence des Culicidae du gîte Copemad:

D'après les résultats du tableau 8, les fréquences d'occurrence appliquées aux stades immatures révèlent que l'espèce *Culex pipiens* présente un taux élevé, avec une fréquence et une abondance de 100 %. Au niveau du site Copemad, il n'existe qu'une seule espèce de culicidés, elle est représentée par *Culex pipiens*.

Tableau 8: Abondance et fréquence des espèces culicidiennes de Copemad.

Espèces	Abondance Relative	Fréquence
<i>Culex pipiens</i>	100 %	100 %

3.2.5. Abondance relative et la fréquence des Culicidae du gîte El Hammamet :

Les valeurs mentionnées dans le tableau 9 et la figure 44 montrent que *Culiseta longiareolata* est l'espèce la plus abondante avec une valeur de 62,20 %. La seconde place est occupée par *Culex pipiens* avec 26,75 %, ainsi que *Culex modestus* et *Cx. hortensis* occupent la troisième position d'abondance avec des taux de 4,68 % et 3,34 % respectivement. Les résultats du tableau 9 révèlent une fréquence de 33,33 % pour les espèces *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*, de ce fait, elles sont considérées des espèces accessoires. Dans le site El Hammamet, le nombre des espèces accidentelles est élevé. Il est de quatre espèces : *Culex modestus* (10 %), *Aedes vexans*, *Culex hortensis*, *Culex deserticola* avec une valeur de 6,66 % et *Culex torrentum* présente un taux de fréquence de 3,33 %.

Tableau 9: Abondance et fréquence des espèces culicidiennes récoltées dans la station El Hammamet.

Espèces	Abondance relative	Fréquence
<i>Culiseta longiareolata</i>	62,20	33,33
<i>Culex pipiens</i>	26,75	33,33
<i>Culex modestus</i>	4,68	10
<i>Culex hortensis</i>	3,34	6,66
<i>Culex deserticola</i>	1,67	6,66
<i>Aedes vexans</i>	1,00	6,66
<i>Culex torrentum</i>	0,33	3,33

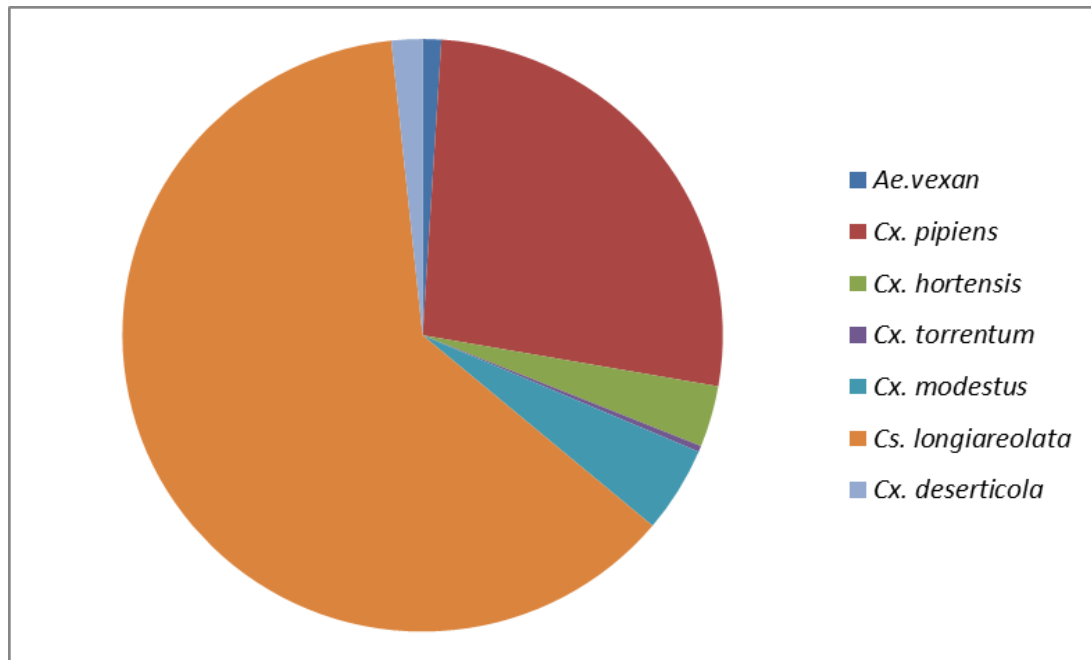


Figure 44: Abondance relative des Culicidae de la station El Hammamet.

3.2.6. Abondance relative et la fréquence de Culicidae du gîte Morsott:

L'examen du tableau 10 et la figure 45 fait ressortir les différentes abondances au niveau du gîte Morsott. Nous remarquons que l'espèce *Culiseta longiareolata* reste l'espèce la plus abondante avec un taux de 54 %, puis le *Culex pipiens* avec une abondance de 25,47 %. Les autres espèces participent faiblement avec une valeur minimale pour *Aedes aegypti*, *Culex hortensis* et *Culex torrentum* elle est de 1,52 %. L'analyse des résultats du tableau 10, montre que la fréquence maximale est notée pour *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*, de ce fait sont des espèces accessoires avec un taux de 25,64 %. Nous remarquons aussi que les espèces : *Culex laticinctus*, *Culex theileri* et *Culex univittatus* présentent la même fréquence (10,25 %) des relevés de ce fait elles sont considérées accidentelles.

Tableau 10: Abondance et fréquence des espèces culicidiennes récoltées dans la station Morsott.

Espèces	Abondance relative	Fréquence
<i>Culiseta longiareolata</i>	54	25,64
<i>Culex pipiens</i>	25,47	25,64
<i>Culex theileri</i>	9,50	10,25
<i>Culex laticinctus</i>	3,42	10,25
<i>Culex univittatus</i>	3,04	10,25
<i>Culex torrentum</i>	1,52	7,69
<i>Aedes aegypti</i>	1,52	5,12
<i>Culex hortensis</i>	1,52	5,12

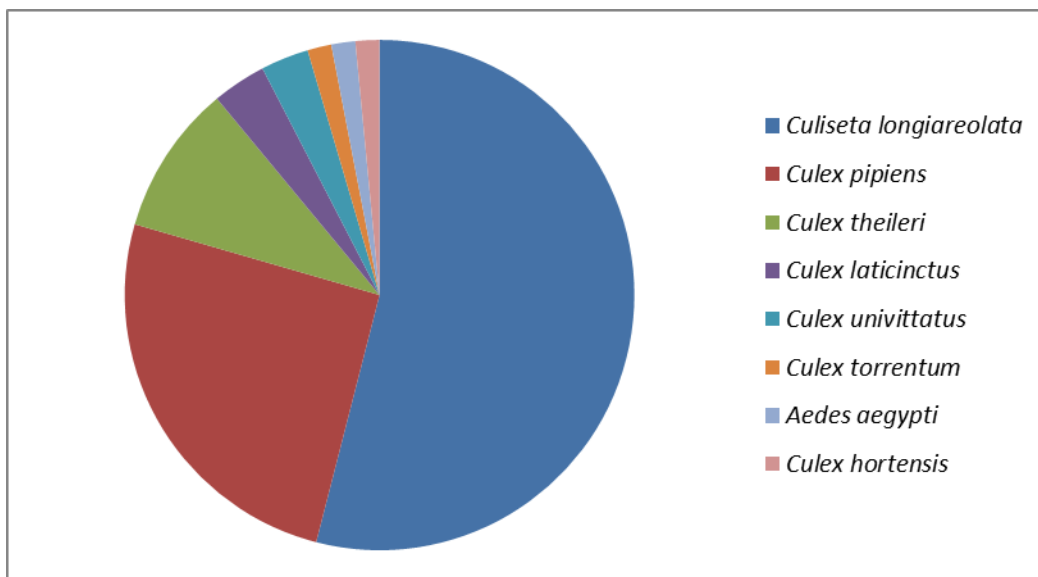


Figure 45: Abondance relative des Culicidae de la station Morsott.

3.2.7. Abondance relative et la fréquence des Culicidae du gîte Ouenza:

L'examen du tableau 11 et la figure 46 sur les abondances appliquées aux stades larvaire permet de constater que *Culiseta longiareolata* reste toujours l'espèce la plus dominante durant toute la période d'échantillonnage (36,06 %), suivie par l'espèce *Culex pipiens* avec une abondance de 21,31 %. Quant aux autres espèces elles participent faiblement. Les résultats du tableau 11 montrent les valeurs des fréquences enregistrées pour chaque espèce. Dans le site d'Ouenza toutes les espèces sont considérées accidentelles parce qu'elles présentent un F inférieur à 25 %. Il ressort du tableau 11 que la fréquence minimale est notée pour les espèces : *Culex impudicus*, *Culex pusillus* et *Uranotenea unguiculata* qui ont le même pourcentage d'apparition soit 1,81 %.

Tableau 11: Abondance et fréquence des espèces culicidiennes récoltées dans la station d'Ouenza.

Espèces	Abondance relative	Fréquence
<i>Culiseta longiareolata</i>	36,06	18,18
<i>Culex pipiens</i>	21,31	16,36
<i>Culex pipiens molestus</i>	7,86	9,09
<i>Culex theileri</i>	5,90	9,09
<i>Culex modestus</i>	4,91	5,45
<i>Culex laticinctus</i>	4,91	5,45
<i>Culex univittatus</i>	4,91	7,27
<i>Culex hortensis</i>	3,60	5,45
<i>Culex perexiguus</i>	2,95	7,27
<i>Culex territans</i>	2,95	3,63
<i>Aedes aegypti</i>	1,63	3,63
<i>Aedes dorsalis</i>	0,98	3,63
<i>Culex impeditus</i>	0,65	1,81
<i>Culex pusillus</i>	0,65	1,81
<i>Uranoteneia unguiculata</i>	0,65	1,81

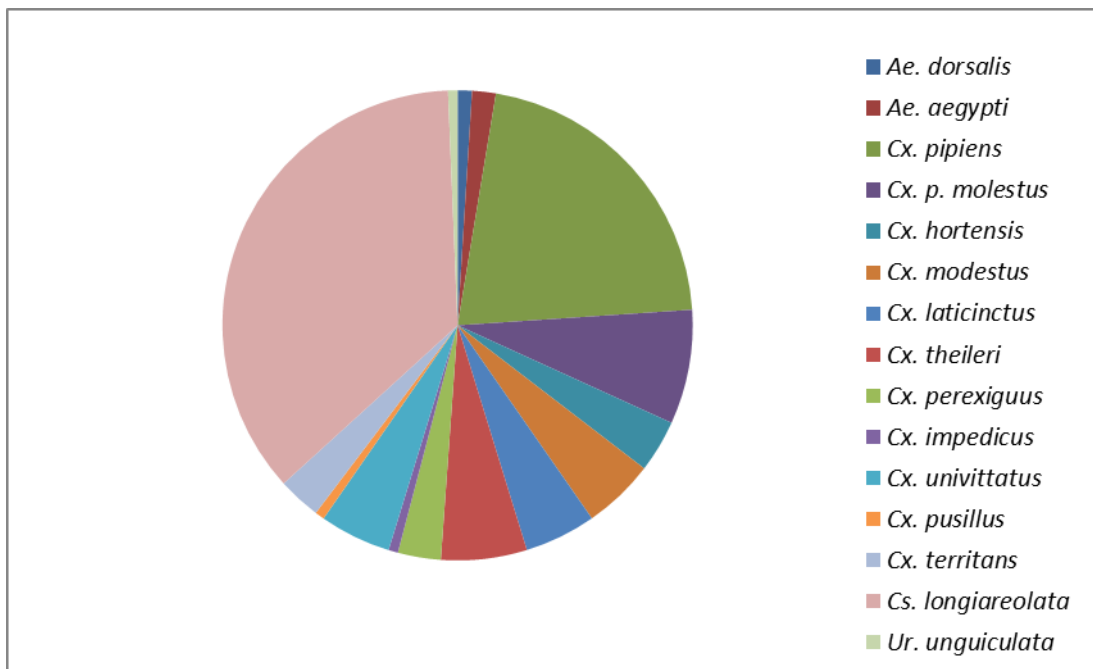


Figure 46: Abondance relative des Culicidae de la station d'Ouenza.

3.2.8. Abondance relative et la fréquence de Culicidae du gîte Mrij:

Les résultats de l'abondance relative mentionnés dans le tableau 12 et la figure 47 montrent que *Culiseta longiareolata* est l'espèce la plus abondante avec un taux de 40,59 %, c'est *Culex pipiens* qui occupe la deuxième position avec un taux de 24,52 %, suivie par

Culex theileri et *Aedes caspius* avec une valeur de 6,81 %. Les résultats montrés par le tableau 12 font apparaitre que l'espèce *Culiseta longiareolata* est une espèce accessoire car son F est supérieur à 25 % (26,08 %), alors que l'espèce *Culex pipiens* est considéré accidentelle avec une fréquence de 21,73 % avec le reste des espèces. A titre d'exemple nous citons : *Anophele labranchiae*, *Aedes aegypti*, *Aedes vexan*, *Culex modestus*, *Culex antennatus* et *Culiseta annulata* avec la même fréquence (2,17 %).

Tableau 12: Abondance et fréquence des espèces culicidiennes récoltées dans la station Mrij.

Espèces	Abondance relative	Fréquence
<i>Culiseta longiareolata</i>	40,59	26,08
<i>Culex pipiens</i>	24,52	21,73
<i>Culex theileri</i>	6,81	10,86
<i>Aedes caspius</i>	6,81	4,34
<i>Culex perexiguus</i>	6,53	8,69
<i>Culex pipiens molestus</i>	3,81	6,52
<i>Anophele labranchiae</i>	2,72	2,17
<i>Culex univittatus</i>	2,17	4,34
<i>Aedes aegypti</i>	0,81	2,17
<i>Aedes vexan</i>	0,81	2,17
<i>Culex territans</i>	0,81	4,34
<i>Culex modestus</i>	0,54	2,17
<i>Culex antennatus</i>	0,54	2,17
<i>Culiseta annulata</i>	0,27	2,17

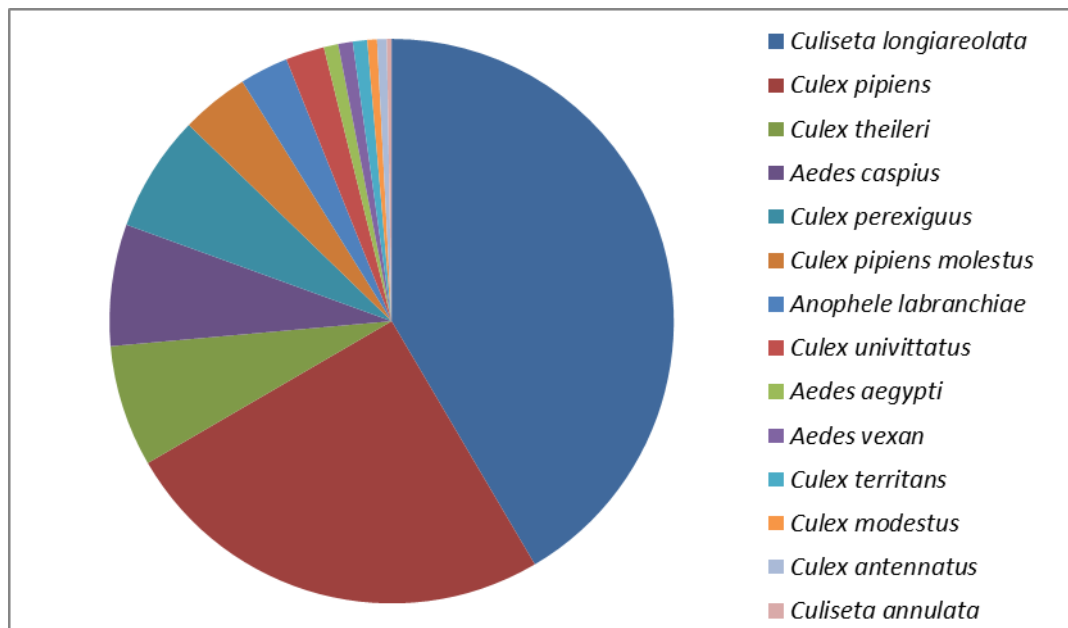


Figure 47: Abondance relative des Culicidae de la station de Mrij.

3.2.9. Abondance relative des espèces Culicidiennes récoltées dans chaque site:

Les résultats du tableau 13 montrent les différentes abondances pour chaque espèce, dans chaque site. *Culiseta longiareolata* présente l'effectif le plus élevé au niveau de la plupart des sites. C'est l'espèce la plus représentée avec la valeur la plus élevée 62,20 % dans le site de El Hammamet, parce que *Culiseta longiareolata* préfère les gîtes de petite dimension et des eaux plus au moins claires, en effet c'est le cas du bassin (Fatma El-zohra) avec 58,28 % et en troisième position Mrij avec 40,79 %. Pour le site de Copemed c'est le *Culex pipiens* le plus abondant avec 100 % d'abondance aussi bien que dans le site d'El Hammamet avec une abondance de 26,75 %. Restant dans la même abondance, le taux de cette dernière réduit à 22,34 % au niveau du marais de Marja pour la même espèce (*Culex pipiens*) et à 19,85 % pour l'espèce *Culex theileri*.

Tableau 13: Abondance (%) des espèces de Culicidae dans les gîtes d'étude.

Espèces \ Stations	Tébessa ville			G4 El Hammamet	G5 Morsott	G6 Ouenza	G7 Mrij
	G1 Fatma-El zohra	G2 Marja	G3 Copemed				
<i>Culex pipiens</i>	17,75	22,34	100	26,75	25,47	21,31	24,52
<i>Culex torrentum</i>	-	-	-	0,33	1,52	-	-
<i>Culex laticinctus</i>	-	-	-	-	3,42	4,91	-
<i>Culex deserticola</i>	-	-	-	1,67	-	-	-
<i>Culex modestus</i>	-	5,67	-	4,68	-	4,91	0,54
<i>Culex pusillus</i>	-	-	-	-	-	0,65	-
<i>Culex theileri</i>	-	19,85	-	-	9,50	5,90	6,81
<i>Culex hortensis</i>	-	-	-	3,34	1,52	3,60	-
<i>Culex perexiguus</i>	1,77	3,54	-	-	-	2,95	6,53
<i>Culex antennatus</i>	-	-	-	-	-	-	0,54
<i>Culex mimeticus</i>	-	1,41	-	-	-	-	-
<i>Culex territans</i>	-	2,12	-	-	-	2,95	0,81
<i>Culex impudicus</i>	-	-	-	-	-	0,65	-
<i>Culex univittatus</i>	-	4,96	-	-	3,04	4,91	2,17
<i>Culex pipiens molestus</i>	21	4,25	-	-	-	7,86	3,81
<i>Culiseta longiareolata</i>	58,28	35,81	-	62,20	54	36,06	40,59
<i>Culiseta subochrea</i>	0,59	-	-	-	-	-	-
<i>Culiseta annulata</i>	-	-	-	-	-	-	0,27
<i>Aedes caspius</i>	-	-	-	-	-	-	6,81
<i>Aedes dorsalis</i>	-	-	-	-	-	0,98	-
<i>Aedes aegypti</i>	-	-	-	-	1,52	1,63	0,81
<i>Aedes vexans</i>	0,59	-	-	1,00	-	-	0,81
<i>Anophele labranchea</i>	-	-	-	-	-	-	2,72
<i>Uranotaenia unguiculata</i>	-	-	-	-	-	0,65	-

- : Absence d'espèce.

3.3. Indice de diversité et d'équitabilité des espèces Culicidienne récoltée dans la région d'étude:

Les résultats mentionnées dans le tableau 14, présentent les valeurs de l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H'), de la diversité maximale (H'_{max}) et d'équirépartition (E). D'après les résultats enregistrés dans le tableau 13 et la figure 48, nous remarquons que la station Ouenza est la plus diversifiée parce qu'elle présente l'indice de diversité le plus élevé 2,927. Alors que Mrij et Marja présentent presque le même indice oscillant vers 2,50 bits, Au niveau du gîte El Hammamet, nous remarquons que la valeur de l'indice de diversité (1,48) bits est loin de la valeur de la diversité maximale ($H_{max}= 2,90$), pour cela nous pouvons dire que le peuplement culicidien est très peu diversifié de même pour les stations Fatma El-zohra et Morsott. En ce qui concerne l'équitabilité, pour les stations : El Hammamet et Morsott les valeurs sont : 0,51 et 0,62 respectivement ou *Culiseta longiareolata* reste l'espèce la plus dominante. Alors que la population Culicidienne de la station d'Ouenza et le gîte de Marja présentent des valeurs d'équirépartition de 0,74 et 0,78 respectivement cela explique qu'il y a une équitabilité de 74 % et 78 %, cela traduit que les espèces qui colonisent ce type de milieu sont en équilibre entre elles. Nous avons enregistré un minima de 0,436 pour la station Fatma El- Zohra, donc la population n'est pas équilibrée, car elle est nulle (0) pour le gîte hypogé de Copemad.,

Tableau 14: Indice de diversité et d'équitabilité des espèces Culicidienne récoltée dans la région d'étude.

Stations	Tébessa			El Hammamet	Morsott	Ouenza	Mrij
	Fatma El-zohra	Marja	Copemad				
H'	1,12	2,48	0	1,48	1,86	2,92	2,51
H_{max}	2,58	3,16	0	2,90	3	3,90	3,80
E	0,43	0,78	0	0,51	0,62	0,74	0,66

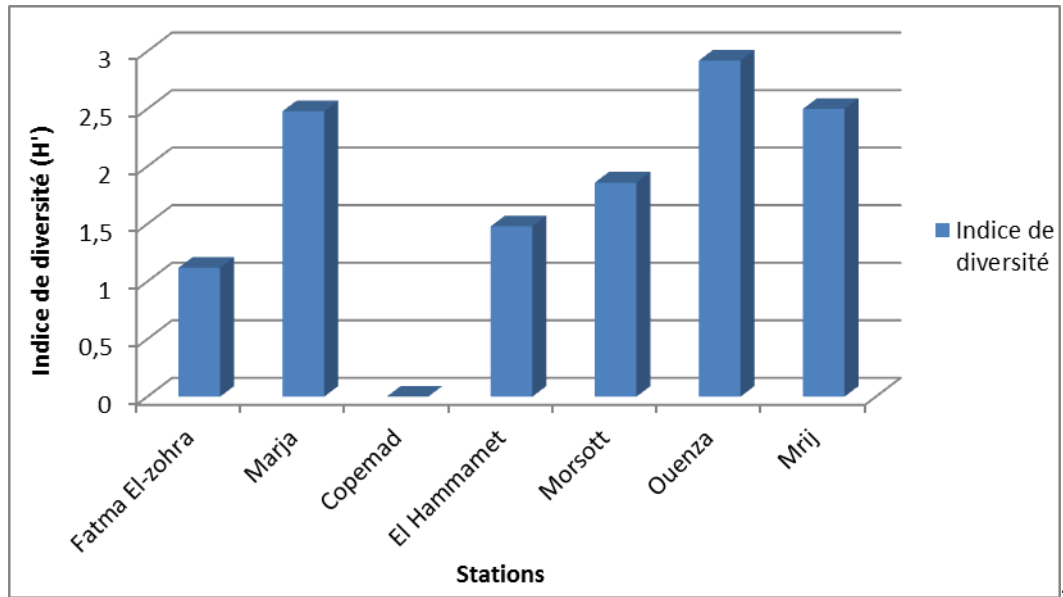


Figure 48: Indice de diversité (Shanno- weaver) des espèces Culicidiennes récoltée dans la région d'étude.

3.4. Etude spatio-temporelle des espèces de Culicidae dans la région d'étude:

L'étude spatio-temporelle des espèces de Culicidae capturées dans la région de Tébessa indique que certaines d'entre elles ont une période d'apparition bien définie, alors que d'autres au contraire ont une période plus large. Le mois d'août est la période sèche, d'où le niveau d'eau diminue comme c'est le cas dans le gîte de Morsott, par contre l'apparition des premières précipitations d'automne est le facteur majeur favorisant la prolifération des moustiques puis lorsque la température diminue l'effectif des larves rétrécit.

3.4.1. Variation spatio-temporelle des espèces de Culicidés du gîte Fatma-El zohra:

Selon la figure 49 le gîte de Fatma-El zohra présente des effectifs maximaux enregistrés pour *Culiseta longiareolata* durant le mois de juin conduit à constater une nette dominance sur les autres espèces culicidiennes recensées dans ce gîte. La végétation existante au-dessus du gîte offre un microclimat favorable pour le développement des espèces de Culicidae.

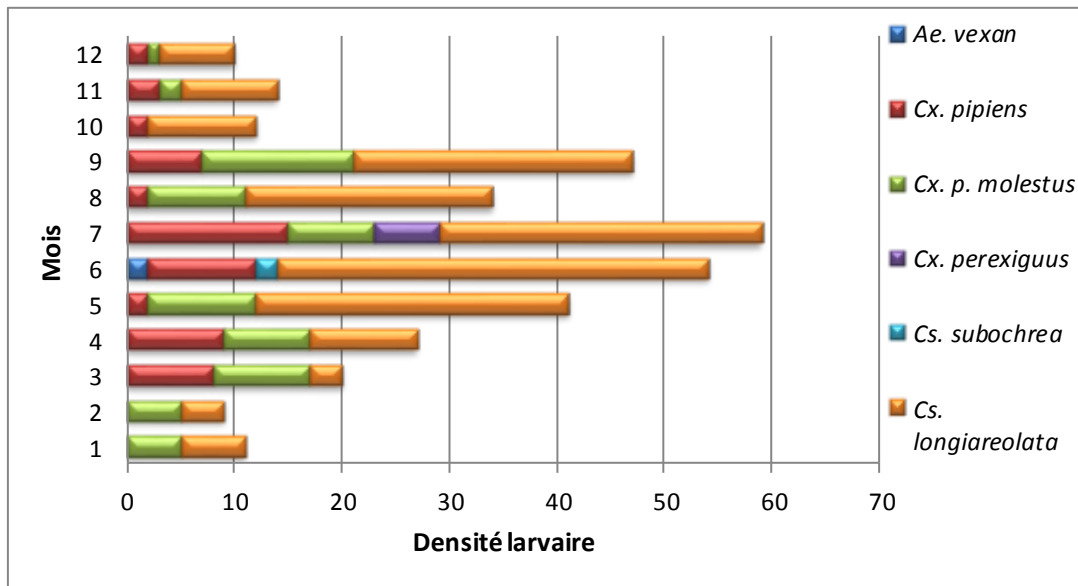


Figure 49: Variation spatio-temporelle des espèces de moustiques du gîte de Fatma El-zohra.

3.4.2. Variation spatio-temporelle des espèces de Culicidés du gîte Marja:

Au marais de Marja le maximum d'effectif est observé au mois de juin parallèlement au réchauffement de l'eau. L'effectif minimal est enregistré aux mois de janvier et février. La figure 50 montre l'effet de la température d'été sur les stades. De point de vue effectif, l'espèce *Culiseta longiareolata* présente l'effectif le plus élevé, surtout dans les deux mois mai et octobre.

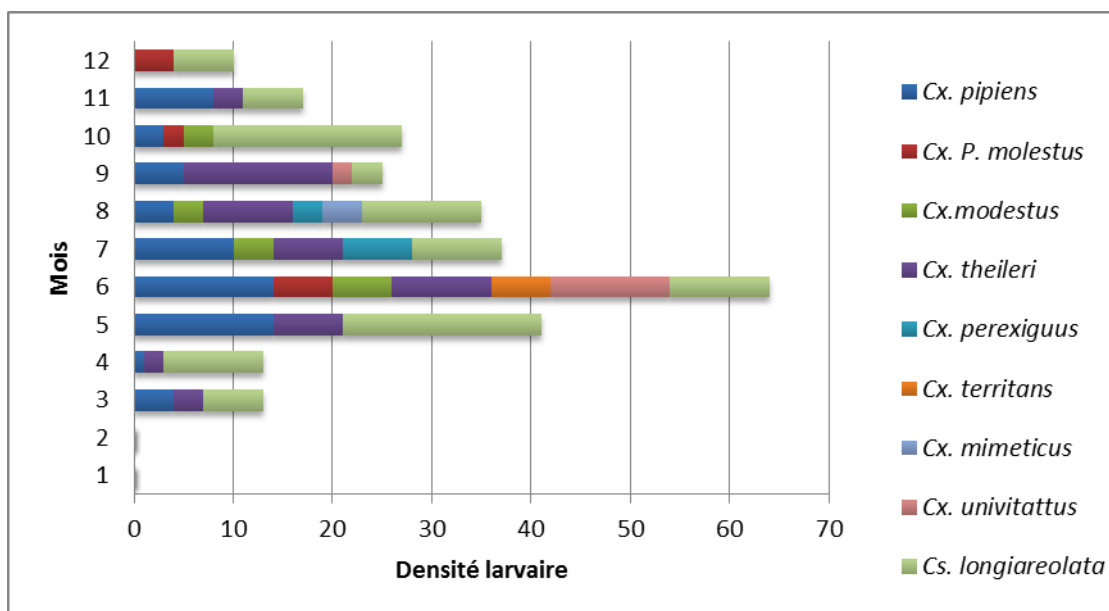


Figure 50. Variation spatio-temporelle des espèces de Culicidés du gîte Marja.

3.4.3. Variation spatio-temporelle des espèces de Culicidés du gîte Copemad:

La figure 51 fait ressortir qu'au niveau du gîte hypogé de la cité Copemad *Cx. pipiens* est présente durant toute l'année. La diminution d'effectif des larves pour le deuxième mois peut être expliquée par les basses températures. En août la diminution d'effectif du gîte due à la pénurie d'eau très fréquente dans la cité. L'effectif le plus élevé se situe au mois de juillet ou il a été signalé 60 individus.

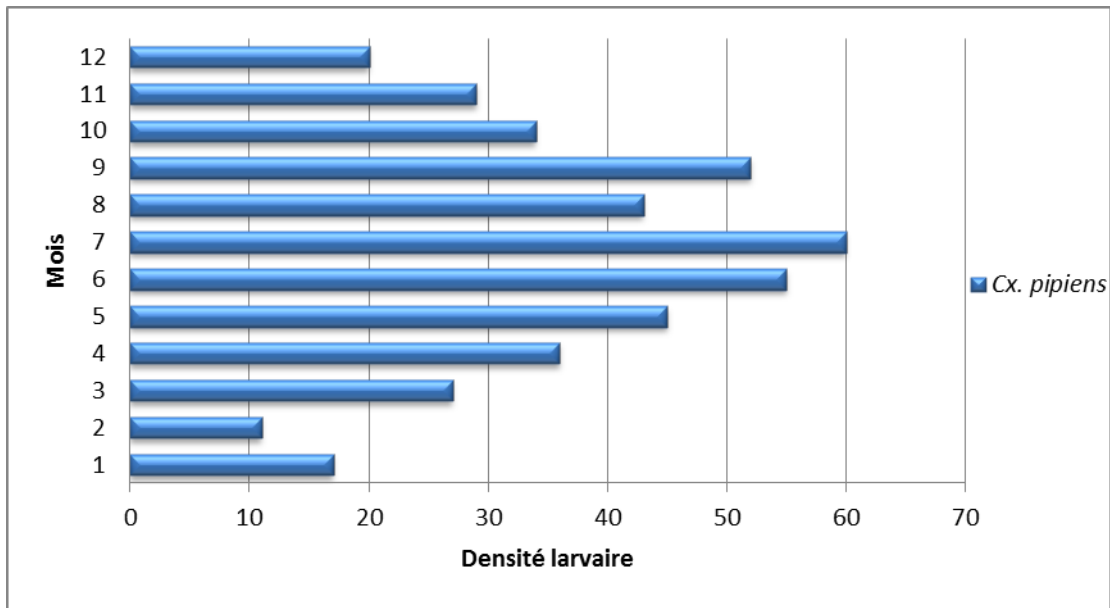


Figure 51. Variation spatio-temporelle des espèces de Culicidés du gîte Copemad.

3.4.4. Variation spatio-temporelle des espèces de Culicidés du gîte El Hammamet:

Comme le montre la figure 52 que plusieurs espèces de Culicidae affectionnent les eaux de la région Nord de Tébessa tel que : *Cx. theileri*, *Cx. univittatus*, *Cx. perexiguus*, *Cx. laticinctus*, *Cs. annulata*, *Cs. subochrea*, *An. labranchiae* marquent leur absence dans cette station et une apparition de nouvelles espèces telles que : *Cx. deserticola* et *Cx. hortensis* dans les hautes plaines El Hammamet durant le mois de septembre et août respectivement. Ont notent aussi l'abondance importante de l'espèce *Cx. modestus* durant la saison automnale. Elle montre aussi que les espèces *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* sont les espèces les plus abondante dans le gîte d'El Hammamet.

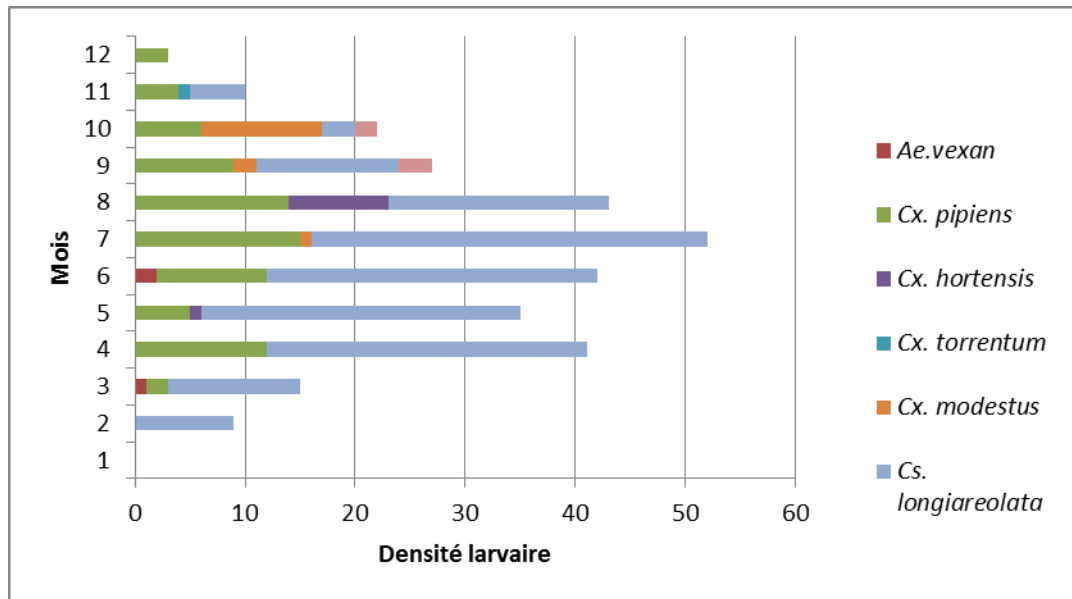


Figure 52: Variation spatio-temporelle des espèces de culicidés du gîte El Hammamet.

3.4.5. Variation spatio-temporelle des espèces de Culicidés du gîte Morsott:

Comme le montre la figure 53 les espèces *Cx. pipiens* et *Cs. longiareolata* sont les espèces les plus abondantes dans le gîte de Morsott, bien que le plus remarquable l'absence des prélèvements pendant la saison sèche. On note aussi une abondance importante de l'espèce *Cx. theileri* durant la saison printanière.

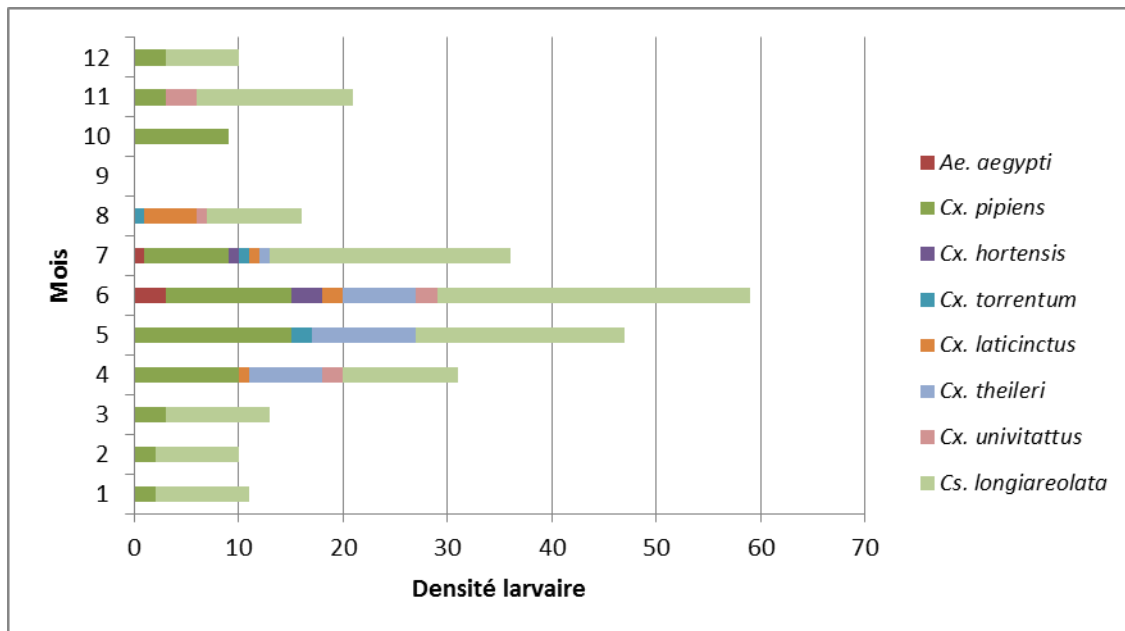


Figure 53: Variation spatio-temporelle de la densité larvaire dans la station de Morsott.

3.4.6. Variation spatio-temporelle des espèces de moustique du gîte Ouenza:

Les figures 54 et 55 montrent que les deux sites Ouenza et Mrij sont les gîtes les plus diversifiés. L'effectif le plus élevé a été signalé au mois de juillet avec un maximum, le *Cx. theileri* est présent au mois d'été comme c'est le cas pour le site d'Ouenza. La réapparition des larves de *Culex theileri* dans ce site se fait au mois d'octobre et novembre. Cette espèce semble avoir une préférence très marquée pour le type de gîte caractérisé par un couvert végétal diversifié.

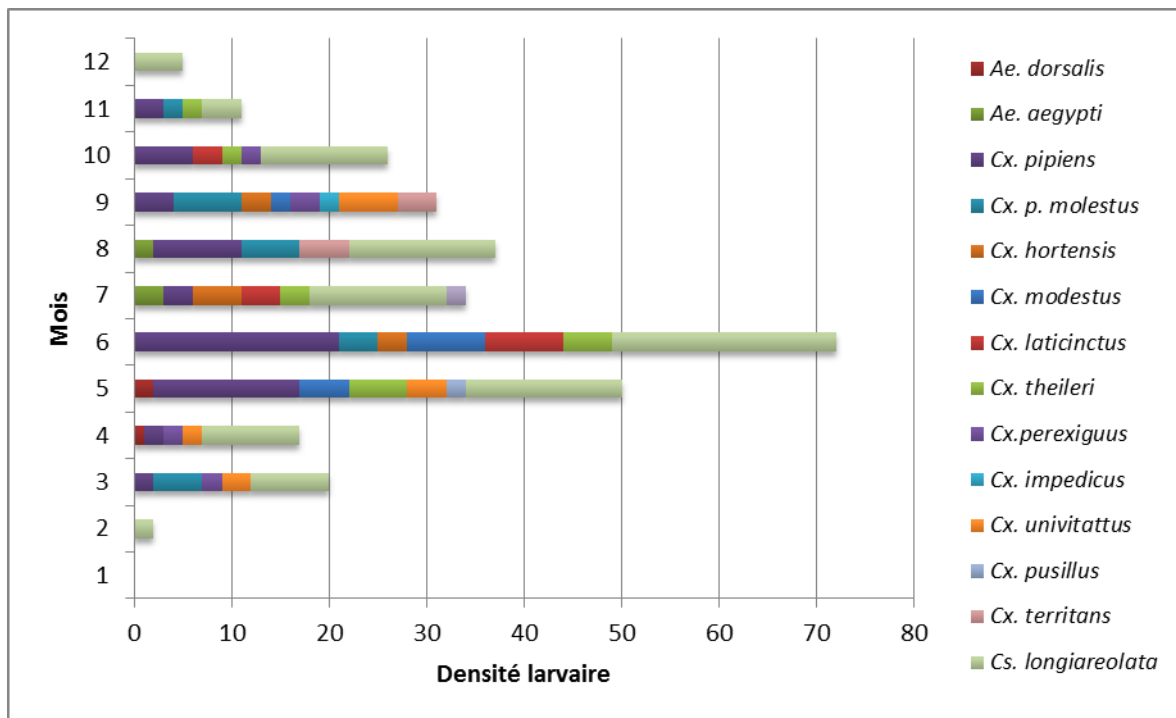


Figure 54: Variation spatio-temporelle des espèces de Culicidés du gîte d'Ouenza.

3.4.7. Variation spatio-temporelle des espèces de Culicidae du gîte Mrij:

Il est probable qu'il existe une relation entre la composition chimique de l'eau et la préférence de l'espèce de Culicidae à coloniser un gîte donné. La figure 55 montre que les espèces *Culiseta longiareolata* *Culex pipiens* sont qualifiées omniprésente durant toute l'année d'échantillonnage pour le gîte G7, sauf que ce dernier (*Cx. pipiens*) marque une absence pendant le froid (janvier et décembre), alors que *Cx. theileri* a été observé durant toute la période estivale. L'espèce *Anophele labranchiae* marque une absence toute l'année à l'exception de la saison automnale, période qui coïncide avec les abondantes pluies d'automne.

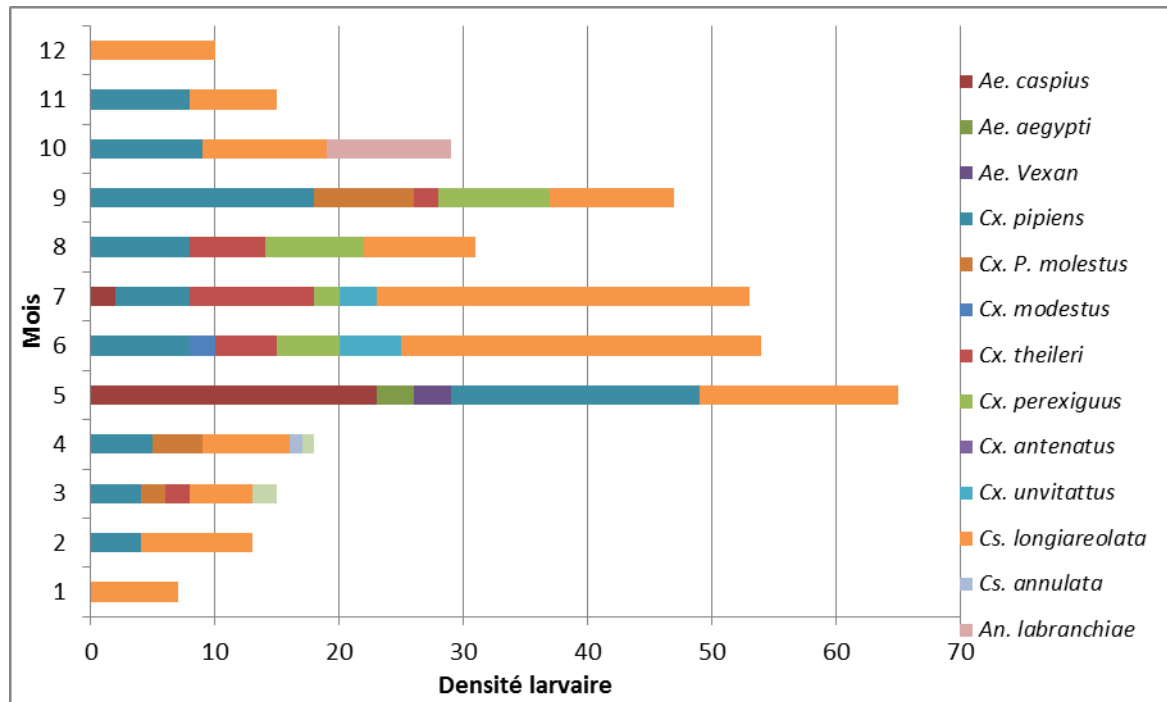


Figure 55: Variation spatio-temporelle des espèces de culicidés du Mrij.

3.5. Paramètres physico-chimiques des stations d'étude:

L'étude menée sur terrain, durant toute l'année 2011, montre la relation entre les espèces Culicidiennes identifiés et des différents types de gîtes soit : épigé, hypogé, de petite dimension avec ou sans végétation aussi alimentées par des eaux : domestiques, pluviale ou même des eaux usées. A cet égard des paramètres physico-chimiques et écologiques sont mesurés pour les différentes stations de la présente étude.

3.5.1. Paramètres physico-chimiques de gîte Fatma El- zohra:

D'après les analyses mentionnées dans le tableau 14, les moyennes de température des eaux du gîte est généralement supérieure à 16,4 C°, elles atteignent le maximum (22,4 C°) en été. Il en est de même pour la conductivité, l'eau du gîte est plus minéralisée (C.E = 3900 µs/cm) en été. Les variations saisonnières du PH mesuré, pour l'année 2011, sont légères dans le gîte de Fatma El- zohra. Les moyennes de ce paramètre oscillent dans un intervalle de 7 à 8 pour toutes les saisons (Tableau 15). Dans le gîte de Fatma El- zohra, les teneurs en MES (Matière en suspension), sont élevées, ce gîte est un bassin d'irrigation toujours remplis de feuilles de plante grimpantes, ce qui expliquerait les taux élevés de mis en suspension. Les valeurs d'oxygénation ont été mesurées dans le ce gîte présentent un intervalle de 3 à 3,8 mg/l pour les trois saisons, alors que la plus faible oxygénation cité en été (0,5 mg/l). Pour les

formes d'azote, nitrites et nitrates, les valeurs enregistrées lors des analyses représentent un maximum en automne avec un taux de 1,2 mg/l et 18 mg/l respectivement.

Tableau 15: Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans la station de Fatma-El zohra.

Saisons	Paramètres physico-chimiques									
	°C	PH	C.E µs/cm	MES mg/l	O2 mg/l	DBO5 mg/l	Cl mg/l	N(NH4) mg/l	N(NO2) mg/l	N(NO3) mg/l
Hiver	16,4	07	1800	87	3,5	45	250	3,5	0,5	03
Printemps	17	7,5	1700	95	3,8	55	400	18	0,3	3,5
Été	22,4	7,2	3900	100	0,5	80	500	48	0,2	03
Automne	20	08	1200	95	03	59	300	22	1,2	18

3.5.2. Paramètres physico-chimiques de gîte Marja:

Selon le tableau 16 l'eau du marais de la station Marja présente un PH à alcalinité élevée en été (8,5). Les valeurs de température les plus faibles sont généralement observées en hiver dans le gîte de Marja avec une forte oxygénation (3 mg/l) d'où la température est de 14 C° associée d'une conductivité de 620 µs/cm moins importante que les autres saisons. Il ressort de nos résultats du tableau 15 que l'oxygénation diminue (0,3 mg/l) lorsque la température et la conductivité augmentent. En effet la température de 24 C° et une conductivité de 2700 µs/cm, de même la DBO5, elle atteint un maximum de 81 mg/l plus une forte valeur de chlorure (260 mg/l) en été et vue que l'eau du gîte est riche en matière organique (80 mg/l) au cours de cette saison, d'où une augmentation de la teneur en azote ammoniacal N(NH4) (6 mg/l), nitrite N(NO2) (1,5 mg/l) et nitrate N(NO3) (11 mg/l).

Tableau 16: Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans la station de Marja.

Saisons	Paramètres physico-chimiques									
	°C	PH	C.E µs/cm	MES mg/l	O2 mg/l	DBO5 mg/l	Cl mg/l	N(NH4) mg/l	N(NO2) mg/l	N(NO3) mg/l
Hiver	14	7,4	620	58	03	30	66	0,3	0,1	10
Printemps	17,4	07	1700	45	2,6	72	42	0,7	1,3	02
Été	24	8,5	2700	80	0,3	81	260	06	1,5	11
Automne	21	07	2900	70	1,6	75	300	09	0,1	04

3.5.3. Paramètres physico-chimiques de gîte Copemad:

Dans ce gîte couvert les moyennes de températures minimales, sont observées en hiver (16 C°), alors en été les valeurs de ce paramètre font apparaitre les plus élevées (23,7) (Tableau 17). Le PH de l'eau traduit une alcalinité moyenne et ne subit pas des variations saisonnières importantes, car les moyennes les plus bas sont observés en hiver (7,7) par contre les plus fortes alcalinités (de 8,5 jusqu'à 9) est observées l'automne, le printemps et l'été, ceci continue à la pollution de ce site. Les valeurs saisonnières de l'O2 dissous sont faibles dans le gîte G3 (varie de 2,8 mg/l à 0,9 mg/l), à cause de la teneur de l'eau en matière organique (77 mg/l à 99 mg/l). La valeur de la DBO5 atteint des valeurs élevées dans le G3 (100 mg/l) en hiver et les minimums au printemps (85 mg/l), selon les normes, les teneurs de ce paramètre dépassent largement 10 mg/l ce qui représente une situation anormale. Un maximum d'ammonium N(NH4) a été enregistré en été par une teneur de 65 mg/l par contre les teneurs maximales relevées en hiver.

Tableau 17: Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans la station de Copemad.

Saisons	Paramètres physico-chimiques									
	°C	PH	C.E µs/cm	MES mg/l	O2 mg/l	DBO5 mg/l	Cl mg/l	N(NH4) mg/l	N(NO2) mg/l	N(NO3) mg/l
Hiver	16	7,7	2100	87	2,8	100	450	12	1,2	28
Printemps	18,8	8,7	900	80	2,8	52	550	28	0,2	11
Été	23,7	09	4000	99	1,7	80	570	65	0,6	0,2
Automne	20	8,5	4200	77	0,9	85	380	35	0,3	14

3.5.4. Paramètres physico-chimiques de gîte El Hammamet:

Les résultats issus de l'analyse du tableau 18 montrent que les moyennes de températures du gîte El Hammamet sont des températures des hautes plaines. En hiver, la stratification thermique est détruite ; les eaux ont à cette période une température minimale de 13,5 C° alors que le maximum a été enregistré en été avec une valeur de 22,5 C°. Dans ce gîte les variations du PH sont légères, elles présentent une alcalinité moyenne. Les valeurs de PH enregistrées lors des analyses oscillent entre un minima de 7 et un maxima de 8. Il ressort aussi du tableau 18 que la conductivité la plus basse est enregistrée en hiver et en printemps (550 et 700 µs/cm) respectivement, alors que le plus remarquable c'est que les meilleures oxygénations ont été observées dans la station d'El Hammamet, car la teneur la plus faible a

été enregistrées en automne par une teneur de 0,9 mg/l, par contre les faibles teneurs en DBO5, chlorure et azote ammoniacal ont été signalés dans le G4 par rapport à l'ensemble des stations ce qui prouve que ce gîte est plus au moins protégée des apports en nitrates.

Tableau 18: Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans la station d'El Hammamet.

Saisons	Paramètres physico-chimiques									
	°C	PH	C.E μs/cm	MES g/l	O2 mg/l	DBO5 mg/l	Cl mg/l	N(NH4) mg/l	N(NO2) mg/l	N(NO3) mg/l
Hiver	13,5	07	550	55	04	25	52	0,3	0,1	11
Printemps	16,8	7,3	700	60	05	60	38	0,5	0,2	07
Été	22,5	8,8	1978	53	01	78	130	4,5	0,4	03
Automne	20	7,9	3210	62	0,9	71	270	06	0,1	10

3.5.5. Paramètres physico-chimiques de gîte Morsott:

La température des eaux a présenté des fluctuations au cours du temps (Tableau 19). Les valeurs des températures minimales qu'y sont enregistrées étaient 15 C° et 17,9 en hiver et automne respectivement, un maximum a été enregistré en été avec une teneur de 25 C°. Toutefois une valeur élevée de 3360 μs/cm de la conductivité a été marquée au mois d'automne. Les chlorures exprimés en mg/l ont connu la même tendance d'évolution que la conductivité électrique. Les valeurs minimale et maximale sont trouvées au cours de la saison estivale et automnale (Tableau 19). Les valeurs de PH font classer les eaux du gîte de type alcalin, les plus élevées sont signalées dans les mois d'été 8,8. Les teneurs en oxygène dissous sont fortes (4,5 mg/l) en hiver, alors que l'été elle diminue jusqu'à 0,8 mg/l. Par contre, les concentrations en DBO5 augmentent en été. En hiver et en automne les concentrations de cette dernière sont nettement fixées à 38 mg/l. Dans la station de Morsott, les teneurs en MES étaient faibles (Tableau 18) comparativement aux autres stations d'étude. Puis une inflexion importante s'est produite au niveau du gîte où nous avons enregistré des valeurs élevées en MES (maximum 39 mg/l) en été. Les valeurs de N(NO3) dans le gîte sont importantes, elles varient de 2 jusqu'à 3,2 mg/l. Les teneurs importantes en azote ammoniacal, enregistré en été et en automne (45 et 33 mg/l) respectivement pourrait être expliquée par une pollution des eaux de la station.

Tableau 19: Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans la station de Morsott

Saisons	Paramètres physico-chimiques									
	°C	PH	C.E µs/cm	MES mg/l	O2 mg/l	DBO5 mg/l	Cl mg/l	N(NH4) mg/l	N(NO2) mg/l	N(NO3) mg/l
Hiver	15	7,9	996	19	4,5	38	90	2,5	0,3	02
Printemps	20,8	08	1200	20	1,5	44	150	25	0,1	2,5
Eté	25	8,5	1489	39	0,8	70	180	45	0,2	03
Automne	17,9	8,1	3360	17	1,2	38	220	33	0,9	3,2

3.5.6. Paramètres physico-chimiques du gîte Ouenza:

Il est probable qu'il existe une relation entre la composition chimique de l'eau et la préférence de l'espèce de Culicidae à coloniser un gîte donné. En effet c'est le cas de la station d'Ouenza. La station d'Ouenza s'est caractérisée au cours de la période d'étude, par une période hivernale et une estivale avec les valeurs de températures suivantes : 16,5 C° et 25,7 C° (Tableau 20) respectivement, vue que la conductivité électrique suit le rythme de la salinité qui dépasse les 4000 µs/cm, elle est plus importante lorsque la température augmente, nous constatons que la minéralisation de l'eau est élevée, ceci due probablement à l'effet de la nature et le type de sol minier de Ouenza. Les teneurs en oxygène dissous montrent que cette station présente une bonne oxygénation. Ces résultats peuvent s'expliquer par la végétation en place qui, grâce à la photosynthèse il y a un apport supplémentaire en oxygène. Au cours du printemps, été et automne les teneurs en MES des eaux a dépassé les 41 mg/l sont à l'origine la végétation en place (Figure 8). La concentration en DBO5 atteint des valeurs élevées plus au moins constante entre 70 et 71 mg/l. Les valeurs de la teneur en nitrate de l'eau sont flanquées entre les valeurs de l'azote ammoniacal N(NH4) enregistrées au cours des différentes saisons.

Tableau 20: Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans la station d'Ouenza.

Saisons	Paramètres physico-chimiques									
	°C	PH	C.E µs/cm	MES mg/l	O2 mg/l	DBO5 mg/l	Cl mg/l	N(NH4) mg/l	N(NO2) mg/l	N(NO3) mg/l
Hiver	16,5	8,5	1700	52	1,5	70	200	14,2	0,3	17
Printemps	18,5	07	1680	48	02	71	280	11	1,6	11
Eté	25,7	7,5	4681	42	3.2	77	360	30	1,2	09
Automne	20	09	1507	45	03	70	320	18	0,8	19

3.5.7. Paramètres physico-chimiques du gîte Mrij:

Les moyennes de potentiel hydrogène (PH) se situent entre 6 et 8,5 dans les eaux naturelles (Chapman *et al.*, 1996), pour ce qu'est des eaux de Oued Melègue elles montrent de variations notables et ont tendance d'être basiques, les valeurs du potentiel hydrogène varient entre 6 et 9 (Tableau 21) ceci contribue à l'évaporation intense de l'eau et dépend de facteurs multiples. Les plus importantes teneurs en sels dissous dans l'eau et en ion chlore ont été enregistrés dans les deux saisons successives été et automne sont de 4360 $\mu\text{S/cm}$, 3900 $\mu\text{S/cm}$ pour la conductivité et de 300 mg/l, 320 mg/l pour le chlorure respectivement. Alors que la meilleure oxygénation a été enregistrée en hiver et en printemps, elle a été fixée en (2 mg/l) dont la température est de 19 C° et 20 C° respectivement, par contre la température 27,7 C° présente une oxygénation plus faible 0,1 mg/l. Les faibles teneurs en oxygène dissous dans les stations peuvent être expliqué par un apport des rejets organiques des eaux usées brutes ce qui provoque une forte teneur en N(NH₄) (35 mg/l) en été et des teneurs en nitrate N(NO₃) élevées varient de 11 à 30 mg/l, ces teneurs sont les plus importantes par rapport aux teneurs enregistrées dans les autres milieux.

Tableau 21: Les valeurs moyennes des paramètres physico-chimiques dans la station Mrij.

Saisons	Paramètres physico-chimiques									
	°C	PH	C.E $\mu\text{S/cm}$	MES mg/l	O ₂ mg/l	DBO ₅ mg/l	Cl mg/l	N(NH ₄) mg/l	N(NO ₂) mg/l	N(NO ₃) mg/l
Hiver	19	06	1700	65	02	99	150	2,5	0,2	28
Printemps	20	09	1400	35	02	97	180	10	0,9	15
Eté	27,7	08	4360	43	0,1	78	300	35	0,4	11
Automne	21	8,5	3900	60	01	71	320	09	0,6	30

3.6. Analyse des composantes principales à des différents gîtes d'études en fonction d'effectifs des espèces.

La représentation graphique de l'analyse des composantes principales montre une répartition des gîtes différents quadrant (Figure 56). L'examen de la figure (56) révèle que l'axe 2 oppose les gîtes sans végétation (G3) avec le reste des gîtes sur l'axe 1. Il apparait donc que le G3 a des caractéristiques totalement différentes au niveau de peuplement culicidien. En effet, bien qu'il soit 1 espèce, est *Culex pipiens* qui semble particulièrement adapter aux conditions sans végétation.

L'axe 1 exprimerait donc le caractère contraignant des gîtes temporaires ou permanents à eaux stagnante riche en végétation et les gîtes pollués auxquels s'associent les eaux courantes avec végétation G7.

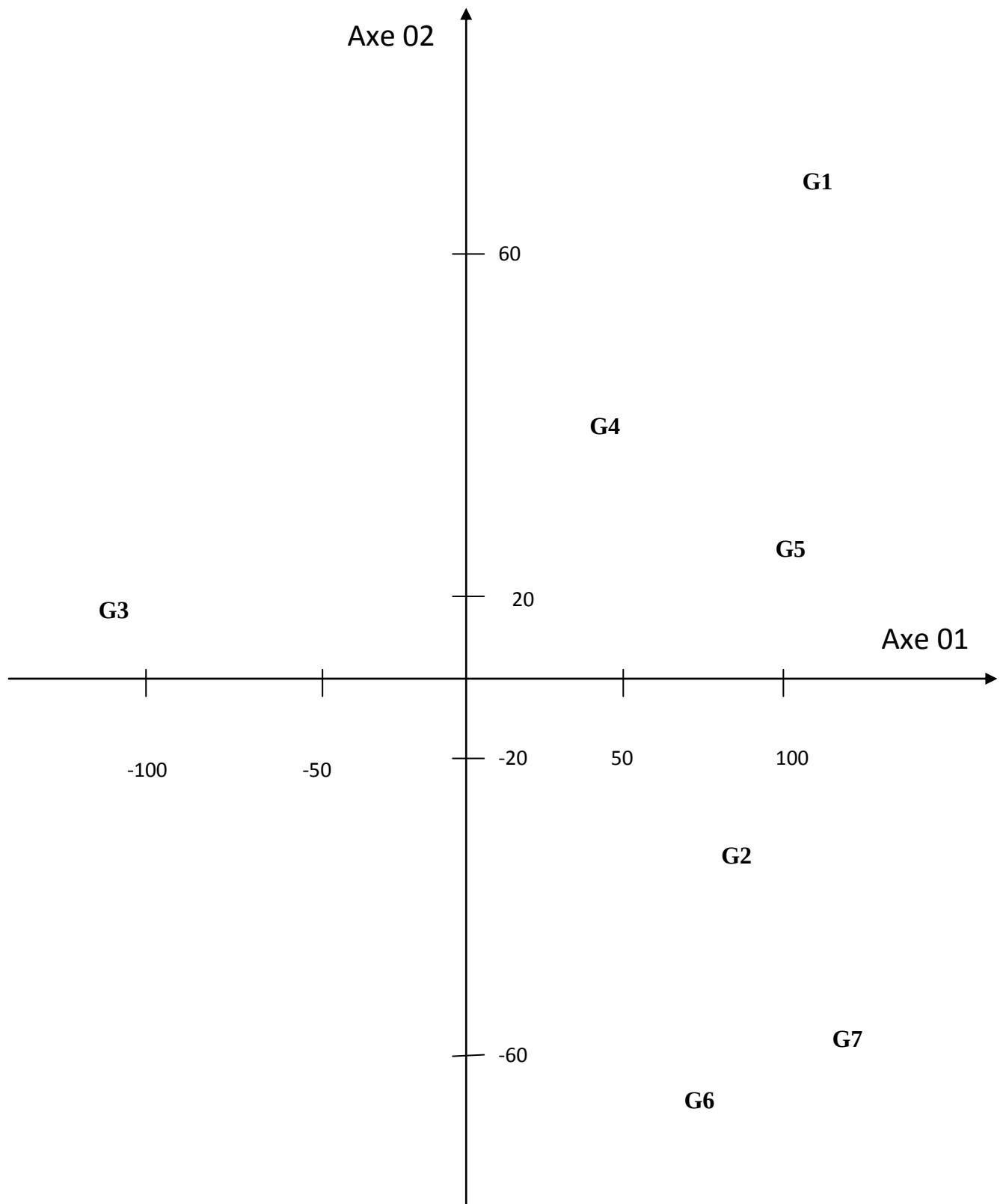


Figure 56: Carte factorielle (axe 1, axe 2) de la répartition des gîtes en fonction de leur contenance en espèces.

4. DISCUSSION:

Les gîtes de la région de Tébessa sont diversifiés, Oueds, marais, rejets et bassin abandonnés. A partir de l'échantillonnage nous avons recensés une richesse spécifique de 24 espèces, qu'on peut distinguer quatre groupes. Le groupe des *Culex* qui est représenté essentiellement par l'espèce *Culex pipiens* associées néanmoins avec d'autres *Culex* : *Cx. hortensis*, *Cx. laticinctus*, *Cx. pusillus*, *Cx. mimeticus*, *Cx. impudicus*, *Cx. deserticola*, *Cx. univitattus*, *Cx. theileri*, *Cx. perexiguus*, *Cx. torrentum*, *Cx. antennatus*, *Cx. p. molestus*, *Cx. modestus*. Le groupe 2 de *Culiseta* constitue en majeure partie de *Culiseta longiareolata*, de *Culiseta subochrea* et *Culiseta annulata*. Le groupe 3 qui est moins représenté, comprend les *Aedes*, *Aedes caspius*, *Aedes aegypti*, *Aedes vexans* et *Aedes dorsalis* dont *Aedes aegypti* et *Aedes caspius*, sont les plus importantes. Le groupe 4 est le moins faiblement représenté par *Uranotaenia unguiculata* et *Anopheles labranchiae*,

Le groupe des *Culex* est formé essentiellement de *Cx pipiens*, à proximité des agglomérations, et à un degré moindre de *Cx. theileri* et de *Cx. impudicus*. Andarelli (1954) a inventorié dans la région Nord de l'Aurès, trois espèces d'*Anopheles*, *An. labranchiae*, *An. hispaniola*, *An. marteri*, quatre espèces de *Culex* : *Cx. mimeticus*, *Cx. hortensis*, *Cx. laticinctus* et *Cx. pipiens* et une seule espèce de *Culiseta* : *Cs. longiareolata*. Il a aussi signalé l'absence du genre *Aedes*, dans cette région mais sa présence est enregistrée dans la région Sud de l'Aurès. Dans la région d'Alger, Senevet & Andrelli (1960) ont recensé 27 espèces de Culicidae. Alors que dans la région Ouest d'Algérie, Hassain (2002) a noté un nombre de 20 espèces de Culicidae. Par contre dans la région de Mila (région ouest de Constantine) l'inventaire des moustiques révèle la présence de 12 espèces : 8 du genre *Culex* (*Cx. pipiens*, *Cx. modestus*, *Cx. antennatus*, *Cx. hortensis*, *Cx. deserticola*, *Cx. theileri*, *Cx. laticinctus* et *Culex sp.*), deux du genre *Anophele* (*Anophele labranchiae* et *Anophele pharoensis*), une du genre *Culiseta* (*Cs. longiareolata*) et une du genre *Uranotaenia* (*Uranotaenia unguiculata*) (Messai et al., 2011). Pendant la période d'étude de l'année 2007, des prélèvements faunistiques concernant les populations de Culicidae ont été effectués dans la région de Tébessa. La liste des espèces culicidiennes récoltées au niveau des gîtes prospectés dans la région de Tébessa et les 4 communes montre l'existence de 22 espèces dans les gîtes d'études, elles appartiennent à trois genres : *Culex*, *Aedes*, *Culiseta* et *Uranotaenia*, dans cette période nous avons signalé que deux espèces présentent en 2007, *Culex vishni*, *Aedes vittatus* sont absentes en 2011. Tandis que d'autres espèces apparaîtraient dans la même période

d'inventaire (2011), comme c'est le cas des espèces : *Aedes vexans*, *Culiseta subochrea*, *Culiseta annulata* et *Anophèles labranchiae*

L'inventaire des résultats de la systématique des Culicidae de la région de Tébessa réalisé par Bouabida *et al.* (2012) révèle la présence de 9 espèces appartenant à une seule sous-famille ; celle des Culicinae, où ils ont noté trois tribus, la tribu des Aedini est représentée par une seule espèce : *Ochlerotatus caspius*, la tribu des Culicini est formée par un seul genre, celui des *Culex* qui contient 5 espèces, ce sont : *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex hortensis*, *Culex perexiguus* et *Culex laticinctus*. La tribu des Culisetini est formée par 3 espèces, il s'agit de *Culiseta longiareolata*, *Culiseta annulata* et *Culiseta subochrea*.

La richesse spécifique des Culicidae en Afrique Méditerranéenne diminue en fonction de l'altitude (Hassain, 2002). Cet auteur a récolté 48 espèces entre 0 et 100 m d'altitude et 20 espèces entre 1000 et 1500 m. Les résultats de la variation spatio-temporelles ont montré que l'espèce *Culex pipiens* se manifestent 12 mois au cours de la période d'étude, ces résultats collaborent avec ceux de Hady *et al.*, 2013, montre que le genre *Culex* qui persiste durant toutes les saisons. *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* se développent, dans certains gîtes pendant l'hiver. Ce fait rare, pourrait être expliqué par le réchauffement climatique traduit en Afrique du Nord par des hivers plus doux, notamment pendant cette dernière décennie (Walker & Lynch, 2007). Ainsi les réchauffements de certains gîtes constituent un handicap au développement larvaire, c'est ce qui est observé dans le gîte 5. Dans certains gîtes, le cycle de développement de *Cx. pipiens* et de *Cs. longiareolata* est interrompu dans les premiers mois de l'année 2011 qui correspondent à la saison hivernale. Cet arrêt de développement des gîtes à ciel ouvert a été observé par plusieurs auteurs (Rioux *et al.*, 1965; Aissaoui, 2008).

L'ensemble des espèces récoltées dans les stations d'étude font l'objet d'une analyse des indices écologiques. L'analyse des résultats des indices écologiques tel que l'abondance relative révèle que *Culiseta longiareolata* est l'espèce la plus abondante, elle présente l'effectif le plus élevé 1860 larves avec une abondance de 44,38 %, puis vient le *Culex pipiens* 1229 larves avec une valeur égale à 29,10 % d'abondance suivie par *Culex pipiens molestus* avec le nombre de larves 392, soit 9,35 %. 271 larves ont été récoltées de *Culex modestus* l'abondance relative est de 6,46 % et *Culex theileri* 4,10 % sur un effectif de 171 larves, alors que les autres espèces sont faiblement représentées. Hassain (2002) a montré que *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* sont des espèces à très large répartition au niveau de l'Afrique méditerranéenne, ceci explique que *Cx. pipiens* présente une abondance relative de

22,26 % et *Cs. longiareolata* avec un taux de 24,41 %. Les résultats de l'abondance relative révèle que *Cs. longiareolata* est l'espèce qui présente l'effectif le plus élevé au niveau de différents sites, suivie de *Cx. pipiens* et *Cx. pipiens molestus* (Tine-Djebbar, 2009). Messai *et al.* (2011) ont montré la même dominance pour *Culex pipiens* avec une abondance relative de 61,14 % et 15,06 % pour *Culiseta longiareolata* et en 3^{ème} position *Anophele labranchiae* avec une abondance 9,25 %.

L'ensemble de ces prospections montre que les 7 stations constituent de véritables gîtes larvaires pour la faune culicidienne. El ouali lalami *et al.*, 2010 indique que la nature du gîte larvaire favorise l'une ou l'autre espèce selon que le gîte soit stagnant ou courant dépourvue ou riche en végétation, pollué ou non. Le site de Ouenza héberge une faune Culicidienne plus diversifiée, à la suite de la diversité végétale de se gîte 15 espèces ont été inventoriées. Il présente une diversité spécifique, la plus élevée, ou les conditions sont favorables à l'installation de la faune Culicidienne. Le facteur climatique représente par les températures et les précipitations l'élément important dont dépend la répartition de la faune culicidienne. Ces résultats sont conformes avec celle rapportées par Tine-Djebbar (2009). L'analyse des résultats montre que l'abondance relative la plus élevée est présentée par l'espèce *Cs. longiareolata* dans les différents gîtes d'El Hammamet, Fatma El-zohra, Marja, Morsott, Ouenza et Mrij respectivement (69,29 %, 62,20 %, 58,28 %, 54 %, 40,59 %, 36,06 %, 35,81 %), alors que le *Cx. pipiens* présente une abondance de 10,23 %, 26,75 %, 17,75 %, 22,34 %, 25,47 %, 24,52 %, 21,31 % pour le même ordre de gîte. Dans le gîte G6 *Cx. theileri* et *Ae. caspius* occupent la troisième position avec une abondance de 6,81 %. Nos résultats concordent avec celle de Hamaidia (2004) qui mentionne que les trois espèces *Cs. longiareolata*, *Cx. pipiens* et *Cx. theileri* sont les plus représentées au niveau des deux régions du Nord-Est Algérien (Souk-Ahras et Tébessa). L'espèce *Anopheles labranchiae* a été récoltée au niveau de l'oued Melègue du Mrij, cependant au Maroc Louah, 1995 à montrer que les espèces du genre *Anopheles* semblent préfèrent les oueds et les mares herbeuses. Bien que le site de El Hammamet, l'abondance des *Cx. deserticola* l'espèce caractéristiques des hautes plaines El Hammamet, atteint un taux de 3,34 %, la densité la plus élevée a été enregistrer aux mois de septembre et octobre, tandis que *Cx. hortensis* 1,67 %, son apparition maximale au mois d'août dont la moyenne de température est de 27,7 C° et le PH plus au moins basiques. La préférence de *Cx. hortensis* pour les eaux douce a été notée par Louah (1995) qui la signale comme une espèce connue par sa prédilection pour les gîtes montagnards à eau douce.

Concernant la fréquence centésimale, l'espèce *Cs. longiareolata* est qualifiée d'espèce accessoire au niveau des sites, sauf le gîte hypogé dont l'espèce *Cx. pipiens* est l'espèce dominante dans le G3 avec une fréquence de 100 % (espèce constante), l'eau de ce gîte présente une température favorable pour le développement continu de *Cx. pipiens*. Les souches de *Cx. pipiens* qui colonisent les gîte hypogés ou les écarts thermiques sont faibles, n'arrêtent pas leur développement en hiver (Rioux *et al.*, 1965; Hassaine, 2002).

La diversité des Culicides est importante puisque l'indice de diversité de Shannon-Weaver (H') appliquée aux peuplements de moustiques est compris entre 0 bits et 2,92 bits. Le calcul de l'indice de Shannon-Weaver révèle une valeur de 0 dans le gîte hypogé, seulement une espèce, c'est le cas de *Cx. pipiens* dans le gîte G3 par l'indice nul. De même Brunel *et al.* (1990). Concernant l'équitabilité, les valeurs qui tendent vers 1, cas gîte Marja (0,78), impliquent que les espèces présentes sont en équilibre entre elles. L'étude de l'équitabilité permet d'affirmer que plus celle-ci est élevée dans le peuplement, plus ce dernier peut être considéré comme équilibré. Pour les gîtes ruraux, Les valeurs d'équitabilité sont supérieures à 0,66 montrant les effectifs des espèces en présence sont en équilibre entre eux. Par contre dans les gîtes qui sont considérés comme de petites collections d'eau, les valeurs d'équitabilité sont toutes inférieures à 0,5 impliquant la présence d'un déséquilibre entre les effectifs des espèces en présence, c'est le cas du gîte G1 présentée par l'indice 0,43 leur espèces sont en déséquilibre entre elles. A ce moment-là 1 à 2 espèces sont dominantes.

Les composantes physico-chimiques d'une eau peuvent jouer un rôle primordial, non seulement dans la biologie d'une espèce mais aussi dans la structure et la dynamique de la biocénose toute entière (Berchi, 2000). Le développement des Culicidae est conditionné par la température et par la composition biologique ou chimique de l'eau (Messai *et al.*, 2011). Les résultats obtenus dévoilent l'importance des paramètres physico-chimiques sur l'apparition de la fluctuation des populations larvaires des moustiques notamment le *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens*. De même, la température reste primordiale quant à l'accentuation de la vitesse de développement du moustique Hadj *et al.*, 2013. Les populations pré-imaginales des Culicidae et la distribution spatio-temporelle semblent influencées par les facteurs abiotiques comme la température car dans tous les gîtes étudiés, les densités larvaires les plus faibles sont observées en hiver. Pendant cette saison en effet, le cycle de développement des Culicidae est interrompu dans certains gîtes épigés (G5 et G6) alors qu'il se poursuit dans le gîte urbain hypogé (G3). En effet, Brunhes *et al.* (1999)

n'évoque pas de période d'activité larvaire pour l'espèce *Ae. Caspius* et souligne que cette espèce passe l'hiver à l'état d'œuf. La distribution spatio-temporelle des œufs d'*Ae. caspius* présente une corrélation avec la végétation dans le G7 qui constitue une matière organique indispensable au développement des stades immatures d'où le maximum de densité est observé dans une température de 20 à 27,7 C° et un PH alcalin varie de 9 à 8. Ces résultats se conformes avec ceux de Krifa *et al.* (2011) qui ont prouvé que les femelles de plusieurs espèces de moustiques peuvent pondre dans les milieux aquatiques riches en débris végétaux. Les *Aedes*: *Aedes vexan* et *dorsalis*, maequent une forte abondance au printemps suite à l'augmentation de la température de l'eau et l'allongement de la photopériode, car la température varie entre 18,5 C° et 20 C° et un PH plus au moins de 7 à 7,5 dans les gîtes G5 et G6 respectivement. De même pour le G5 d'où l'espèce *Aedes aegypti* apparait avec 1,52 % d'abondance, alors que dans le site G6 avec un taux de 1,63 %, avec une température d'eau de 25 C° et un PH de 7,5 à 8,5. Donc on peut conclurent que les *Aedes* probablement préfèrent des eaux à températures optimales et légère alcalinité. Au cours de la période d'étude on n'a pas noté la présence des larves d'*Aedes* dans les sites G2 et G3. Les eaux du gîte 2 semblent favorable au développement des larves des espèces *Cx. theileri* et *Cx. mimeticus*, dont elles présentent un taux d'abondance (19,85 % et 2,5 % respectivement), les plus élevées par rapport aux abondances signalées dans le reste des gîtes, ceci montre une préférence pour les eaux oligo-saumâtres. Sa présence dans ce type d'eau à été indiquée aussi par Louah (1995).

La préférence de *Cs. subochrea* *Cs. annulata* des eaux affectionné par des températures plus au moins élevé fluctuent de 20 C° à 22 C° et des PH varient de 7,5 à 9, c'est le cas des deux gîtes G1 et G7. *Cs. subochrea* qui est connue par ses préférence aux eaux douce (Brunhes *et al.*, 1999) et *Culiseta longiareolata* peuvent supporter des eaux chargées en chlorures. Ces deux espèces sont récoltées dans des stations à température variable. Tous ces résultats, montrent que la densité larvaire la plus élevée dans tous les types de gîtes a été enregistrée au mois de juin avec la plus importante diversité en espèces, le cas du gîte G2 par l'apparition de l'espèce *Cx. territans* en juin avec un maximum d'effectif.

Durant cette étude la présence d'au moins 7 espèces est signalée durant la saison printanière, dans le gîte 6 avec l'apparition nouvelle de *Cx. pusillus* et l'espèce *Cx. theileri*. Cette apparition est signalée durant le printemps et l'automne dans le marais de Reghaia, région d'Alger (Lounaci, 2003).

Dans les eaux des différentes stations étudiées, le PH présente des teneurs variables au sein des 4 saisons. Les organismes sont très sensibles à ses variations, et un développement correct de la faune et de la flore aquatique n'est possible que si sa valeur oscille entre 6 et 9. Les PH relevés sont relativement proches de la neutralité; ceci peut être dû à l'envahissement des gîtes ruraux par la végétation. La matière organique végétale en décomposition peut rendre le PH des gîtes neutre ou carrément a tendance à le baisser suite à l'accumulation de l'acide humique. Son influence se fait également ressentir par le rôle qu'il exerce sur les autres éléments comme les métaux, dont il peut diminuer ou augmenter la disponibilité et donc il peut induire une toxicité à l'égard des organismes du milieu. Le PH est influencé aussi par la synthèse chlorophyllienne, le métabolisme bactérien et celui des champignons inférieurs. Il dépend d'une autre part des rejets des eaux usées (Himmi, 2007), qui sont riches en matières organiques. Cependant, il a été démontré que pour la plupart des espèces aquatiques, la zone du PH favorable pour leur développement se situe entre 6 et 7,2 (Rodier, 1996). Ce paramètre conditionne un grand nombre d'équilibre physico-chimiques, et dépend de facteurs multiples, comme la température et l'origine de l'eau de prolifération, et représente une importance en ce qui concerne l'agressivité de l'eau (aptitude à dissoudre le calcaire) (Ghazali & Zaid, 2013)

Il existe une relation entre la concentration en sels dissous (minéralisation) d'une eau et sa conductivité électrique. Une conductivité élevée traduit soit des PH anormaux, soit une salinité élevée. Celle-ci pouvant être naturelle ou due à des rejets salins. A partir de la conductivité des échantillons, on calcule leur minéralisation. Himmi (2007) reporte qu'en effet, une teneur excessive est très souvent l'indice d'une pollution urbaine ou industrielle. La conductivité est liée à la présence de différents sels et à leurs concentrations dans le milieu. Elle est plus importante lorsque la température augmente. Elle sert aussi d'apprécier la quantité de sels dissous dans l'eau. La perturbation de la conductivité de l'eau du gîte Mrij à titre d'exemple est due essentiellement à des fluctuations des températures et des chlorures, avec une température d'hiver de 19 C° et une conductivité de 1700 µs/cm et une teneur en chlorure de 150 mg/l, par contre qu'en été la température est de 27,7 C°, la conductivité est de 4360 µs/cm avec un chlorure de 300 mg/l. Pour l'ensemble de la nature d'eau des gîtes, le maximum de chlorure a été enregistré en automne et en été. Les analyses des résultats des paramètres physico-chimiques montrent que l'ion chlore est plus concentré dans les sites urbains, à titre d'exemple le G1 présente une teneur maximale qui dépasse les 200 mg/l. Les travaux de Chahboune *et al.* (2013) montrent que les chlorures ont signalés la même tendance

d'évolution que la conductivité électrique, ceci se concorde avec les teneurs enregistrées dans le marais de Marja, pour une conductivité d'été de 2700 $\mu\text{S}/\text{cm}$ et automnal de 2900 $\mu\text{S}/\text{cm}$, les teneurs en chlorure sont respectivement 260 mg/l et 300 mg/l.

Il a été remarqué également une augmentation de la conductivité et de chlorure avec la température, ce qui collabore avec les résultats de Hacini *et al.*, 2008, qui ont confirmé les variations de la salinité avec la température et l'évaporation. De nombreux facteurs tels que la disponibilité en nutriments et la température de l'eau, pression partielle en oxygène de l'atmosphère, la salinité, la pénétration de la lumière et l'agitation de l'eau, sont responsables de la variation de manière saisonnière de la concentration en oxygène dissous. Dans le gîte G2 du marais Marja (Tébessa), présente une teneur en oxygène allant de 0,3 à 3 mg/l qui seraient liées à la température. La teneur moyenne des eaux du gîte 7 est de l'ordre de 1 mg/l pour une température de 27,7 C°, ces résultats se conforme avec ceux de El ouali lalami *et al.*, 2010, et qui prouvent que l'oxygénation des eaux des gîtes est inversement proportionnelle à la température de l'eau. Les faibles teneurs en oxygène dissous dans la station peuvent être expliqués par un apport des rejets organiques des eaux usées brutes, dans oued Melègue dans la commune de Mrij et qui présente la source d'alimentation en eau du gîte d'étude. Quelques espèces apparaissent dans le site, parce que les fortes précipitations rendent un peu l'eau de ce gîte moins polluée comme c'est le cas d'*Anophele labranchiae* qui n'apparaît que le mois d'octobre (le mois le plus pluvial 85,6 mm de l'année 2011). Cette concentration en oxygène dissous est également en fonction de la vitesse d'utilisation du milieu en oxygène par l'activité des organismes aquatiques et les processus d'oxydation et de décomposition de la matière organique présente dans l'eau. Dans les 7 stations d'étude les faibles teneurs en oxygène sont observées en été, alors que les fortes valeurs sont enregistrées en hiver, bien que le contraire a été observé dans le gîte 3 (Tébessa), les valeurs saisonnières de l'O₂ dissous sont faibles (varie de 2,8 mg/l à 0,9 mg/l), tant que ce gîte est en faible contact avec le milieu extérieur il est donc moins oxygéné par rapport aux autres gîtes, ce qui collabore avec les résultats de Berchi (2000), qui déclare que l'eau des gîtes hypogés est peu oxygénée à cause de faible contact avec le milieu extérieur, et qui pourrait influencer la densité larvaire des moustiques. Une concentration élevée des DBO₅ reflète, entre autres la qualité moyenne de l'eau d'où se présente la densité larvaire la plus élevée, par contre les plus basses sont en hiver, sauf le site G3 dont les teneurs élevées ont été observées en hiver avec un minimum de densité en larves de *Cx. pipiens*, ce qui n'explique pas la corrélation entre DBO₅ et augmentation des effectifs. Berchi (2000) montre que des teneurs élevées en DBO₅

n'entraînent pas forcément une augmentation des densités de *Culex pipiens*. Les faibles teneurs en DBO5, azote ammoniacale et chlorure ont été signalés à El Hammamet, dont il s'agit des espèces caractéristiques de la station *Cx. deserticola*, *Cx. impeditus* en automne et *l'Ae. vexans* en juin. Selon Rodier (1984) ces teneurs en MES dépassent largement 10 mg /l ce qui représente une situation anormale. Les teneurs, plus au moins, importantes en MES signalées dans les couches superficielles du G1 (Fatma-El zohra) au printemps et début d'été pourraient coïncider avec la phase de production du phytoplancton. Ces résultats concordent avec celles de Berchi (2000) qui a montré que les teneurs élevées observées peuvent être dues à des déversements de produits de diverses natures (végétale, animale, textile...). Le gîte urbain hypogé est protégé et donc peu perturbés par les variations thermiques. Des particules en suspension s'accumulent alors plus facilement. Ce phénomène est particulièrement net dans G3. La MES est donc un paramètre important qui favorise la prolifération de l'espèce, *Cx. pipiens* qui colonise ce milieu. Ces résultats sont conformes à ceux de Khrida *et al.* (1997), où ils ont souligné que l'espèce *Cx. pipiens* répond positivement à une augmentation de la teneur de l'eau en matière organique avec un rythme de multiplication variant dans un rapport de 1 à 216 selon le degré de pollution de l'eau. Sur l'ensemble des eaux étudiées, les teneurs en azote ammoniacal ont variées entre un minimum de teneurs de 0,3 à 6 mg/l d'eau du G4. Les valeurs plus au moins importantes varient de 2,5 à 35 mg/l sont enregistrées au niveau de G7. Les nitrites N(NO₂) sont considérés comme étant des ions intermédiaires entre les nitrates et l'azote ammoniacal, ce qui explique les faibles concentrations rencontrées en milieu aquatique (quelques micromoles par litre d'azote nitreux). Les teneurs en nitrite ont fluctué entre 0,1 et 1,6 mg/l. Ils sont l'une des causes de la dégradation de l'eau (Ghazali & Zaid, 2013).

Les nitrates exprimé en mg N-NO₃/l avait subi des fluctuations importantes. La concentration de l'eau en nitrites varient de 0,2 à 30 mg/l. On constate des écarts considérables entre les valeurs extrêmes de la DBO5, de l'azote ammoniacal, des nitrates et des chlorures. L'origine de ces écarts est imputable à l'influence anthropique (rejets d'eaux usées urbaine); le taux de matières organiques par décomposition, détermine une baisse sensible de l'oxygène dissous et un PH qui se rapproche de la neutralité. Pour El ouali lalami *et al.* (2010), les nitrates N(NO₃) ont une origine agricole (épandage d'engrais ou élevage de bétail) après lessivage des terres cultivées et proviennent de la minéralisation de la matière organique. Mais ils sont aussi apportés de manière synthétique par les engrais (Chapman & Kimstach, 1996).

1. INTRODUCTION:

Les moustiques en plus de leur nuisance sont des vecteurs de plusieurs agents pathogènes tels que les protozoaires, les bactéries, les virus et les nématodes qu'ils transmettent à l'homme et aux animaux domestiques. L'importance des moustiques n'apparaît tout ses ampleurs qu'avec la découverte de ses agents microbiens. Sur le plan médical, on entend par vecteur tout organisme qui intervient dans la transmission d'un agent pathogène, transmission qui peut être interhumaine ou de l'animal à l'homme. Dans la pratique, on a tendance à considérer que les vecteurs sont des insectes hématophages qui ingèrent un germe pathogène présent dans le sang qu'ils prélèvent sur un hôte infecté et l'injectent ensuite à un nouvel hôte à l'occasion de leur prochain repas sanguin. En Afrique la transmission du paludisme est assurée par le moustique *Anopheles gambiae*. Cette maladie a été observée en Algérie et les espèces incriminées responsables à l'époque étaient du genre *Anopheles*, *Aedes* et *Culex*.

Les moustiques sont généralement contrôlés par des insecticides conventionnels (organochlorés, organophosphorés, carbamates, pyréthrinoïdes) (Najera & Zaim, 2002) qui ont eu à long terme des effets secondaires sur l'environnement et les organismes non visés. La lutte biologique, qui est une alternative à la lutte chimique et qui est devenue un élément de la stratégie du contrôle intégré, date déjà depuis le début du siècle avec la production en masse d'une espèce de poisson larvivore, *Gambusia affinis* et sa distribution dans divers habitats. Les animaux utilisés dans la lutte contre les moustiques comprennent à divers groupes zoologiques; poissons, Arthropodes, Nématodes (Nemertidae). Les micro-organismes entomopathogènes sont soit des champignons (Coelomomyces, Lagenidium) ou des bactéries (*Bacillus thuringiensis* et *Bacillus sphaericus*) (Chapman, 1974; Lacey & Smittle, 1985). Les effets secondaires des insecticides conventionnels sur l'environnement et les organismes non visés d'une part et l'augmentation des cas de la résistance de certains insectes aux insecticides chimiques (Milam *et al.*, 2000; Impoinvil *et al.*, 2007) ont encouragé la recherche de méthodes alternatives de lutte, Comme la lutte biologique (Boudjelida *et al.*, 2008) et les régulateurs de croissance des insectes (IGRs), qui offrent de bonnes perspectives de lutte contre les moustiques (Boudjelida *et al.*, 2005) avec un minimum de risques écotoxicologiques (Zaidi & Soltani, 2011). L'utilisation des produits naturels devient aussi une perspective de recherche et ont fait l'objet de plusieurs investigations. Plusieurs plantes sont très prometteuses comme source phyto-chimiques pour lutter contre les moustiques (Fawrou

et al., 2006). Des extraits végétaux aqueux et organiques, huiles essentiels, ainsi que la poudre de plantes ont montrés des potentialités larvicidaires à l'égard de *Culex pipiens* (Krifa *et al.*, 2011).

Une volonté écologique de protection de l'environnement associée à une grande sélectivité des bactéries entomopathogènes ont favorisé le développement et l'application des 158 agents biologiques tels que le *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (*Bti*) (Hougart *et al.*, 1994). Le *Bacillus thuringiensis* figure parmi les moyens biologiques les plus utilisés durant les dernières décennies. Le *Bacillus thuringiensis* (*Bti*), *Berlinersubsp. israelensis* (Goldberg & Margalit, 1977) et *Bacillus sphaericus* Meyer et Neide (Kellen *et al.*, 1965), ont été étudiée et ont montrés leurs efficacité dans la lutte des moustiques. Les formulations commerciales des substances larvicides, de ces micro-organismes, sont des préparations basées sur des endotoxines protéines accumulées sous forme de cristaux para-sporaux produit par les cellules bactériennes pendant la phase de sporulation. Le *Bti* produit différents para-spore composées de quatre protéines toxine, Cyt1Aa, Cry47Aa, Cry4Ba et Cry11Aa (Ibarra & Frediric, 1986; Frediric *et al.*, 1990). Ces préparations biologiques présentent des avantages de haute spécificité (sélectivité) contre les moustiques avec un faible impact sur l'environnement. En outre, le risque de développement de la résistance aux produits à base de *B. thuringiensis israelensis* est très faible, en raison de sa multi-toxin complexe (Wirth *et al.*, 2005). Cependant, la résistance au *B. sphaericus* a été signalée à plusieurs reprises (Rao *et al.*, 1995; Wirth *et al.*, 2005).

Le *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* (*Bti*) a été découvert par Goldberg & Margalit (1977) dans le désert du Néguev en Israël (Goldberg & Margalit, 1977) à partir de larves mortes de *Culex pipiens*. Cette variété nommée *israelensis* a été identifiée à l'Institut Pasteur de Paris comme appartenant au 14 sérotype de *B. thuringiensis* et a montré une importante activité entomopathogène sur les larves de moustiques (Barjac, 1978). Les spores de *Bti* sont terminales et non déformantes, qui renferment des protoxines sous forme de cristaux qui sont ingérées par les larves de moustiques. Une fois dans l'intestin où règne un PH alcalin favorable à la solubilisation des cristaux, l'action d'enzymes protéolytiques permet l'hydrolyse de ces protoxines en toxines actives, une fois activées, les toxines de *Bti* entraînent une lyse complète des cellules de l'intestin moyen, puis la mort de la larve (Charles & Nielsen-LeRoux, 2000). Les toxines du *B. sphaericus* et de *Bt. thuringiensis* se fixent sur des récepteurs chimiquement différents situés sur les cellules intestinales. Plusieurs études ont montrées que la première cible des toxines, c'est l'intestin moyen des larves de moustiques.

Le *Bti* a en effet démontré une action larvicide important sur plus de 115 espèces de moustiques et 40 espèces de mouches noires (Glare & O'Gallaghan, 1998). Depuis, les produits larvicides commerciaux à base de *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* sont de plus en plus utilisés pour le contrôle de ces insectes, absorbé aux matières organiques et sédimente rapidement hors de la zone de nutrition des larves (Hougart *et al.*, 1994).

L'étude de l'inventaire de la faune culicideinne de la région de Tébessa a révélé la présence de deux espèces de moustiques, *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. En milieu urbain et périurbain de la zone d'étude. La prolifération des moustiques, en particulier celle de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*, est observée en période hivernale et post-hivernale.

La présente étude vise à évaluer l'efficacité d'une nouvelle formulation commerciale du *B.ti* le *Bacillus thuringiensis* Vectobac G sur plusieurs aspects toxicologiques (activité insecticide et durée de développement), sur les deux espèces de moustique, *Culex pipiens*, d'importance médicale et *Culiseta longiareolata* d'importance vétérinaire. Ils présentent aussi le plus d'intérêt en vue de leur large répartition et leur abondance principalement dans les zones urbaines. Ensuite, pour une meilleure compréhension du mode d'action de cette molécule, les concentrations létales (CL₅₀ et CL₉₀) ont fait l'objet d'une autre partie d'investigation sur l'effet du *Bacillus thuringiensis* Vectobac G sur des paramètres du potentiel reproducteur des deux espèces. La présente contribution de recherche dans la lutte biologique, a pour but de proposer et d'encourager l'utilisation des formulations du *Bacillus thuringiensis*, comme une bonne alternative des pesticides conventionnels, pour lutter contre les moustiques vecteurs de maladie, afin de réduire leur rôle épidémiologique sur la santé humaine et animale tout en respectant l'environnement.

2. MATERIELS ET METHODES:

Le présent travail consiste à évaluer les effets toxicologiques d'une nouvelle formulation commerciale du *Bacillus thuringiensis* Vectobac G à l'égard des deux espèces de moustique, *Culex pipiens*, *Culiseta longiareolata*, en raison de leur large répartition géographique et leur abondance dans toute la région Nord-Est de l'Algérie.

2. 1. Matériel biologique:

Le matériel biologique est représenté par l'espèce de moustique la plus abondante dans les zones urbaines, *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* ce sont des moustiques capable de coloniser différents biotopes, grâce à sa forte capacité d'adaptation (Savage & Miller, 1995). Les diptères du genre *Culex* sont des agents nuisant et des vecteurs compétents pour plusieurs agents pathogènes affectant l'homme et les animaux, tel est le cas du virus du Nil occidental et de la fièvre de la Vallée du Rift (Moutailler *et al.*, 2008; Krida *et al.*, 2011; Reusken *et al.*, 2011).

2.1.1. Position systématique:

La position systématique de l'espèce *Culex pipiens* (Linné, 1857) et *Culiseta longiareolata* (Aitken, 1954) est la suivante:

Règne : Animalia

Embranchement : Arthropoda

Classe : Insecta

Ordre : Diptera

Famille : Culicidae

*Genre : *Culex*

Espèce : *Culex pipiens* (Linné, 1857)

*Genre : *Culiseta*

Espèce : *Culiseta longiareolata* (Aitken, 1954)

2.1.2. Cycle de développement des moustiques:

Le cycle biologique du moustique comprend une phase aquatique et une phase aérienne. Les adultes ou imago, sont aériens alors que les œufs, les larves et les nymphes constituent les stades pré-imaginaux et vivent dans l'eau douce le plus souvent ou parfois saumâtre (Clements, 1999). La femelle prend généralement un repas de sang pour assurer la maturation des ovocytes (Figure 57). Ce cycle dure environ douze à vingt jours dans les conditions optimales. L'accouplement des moustiques a lieu en vol ou dans la végétation et il ne se fait en générale qu'une seule fois durant leurs vies. La femelle, après la prise du sang, se pose dans un endroit abrité pour digérer son repas. La ponte des œufs aura lieu 2 à 4 jours après la prise du sang.

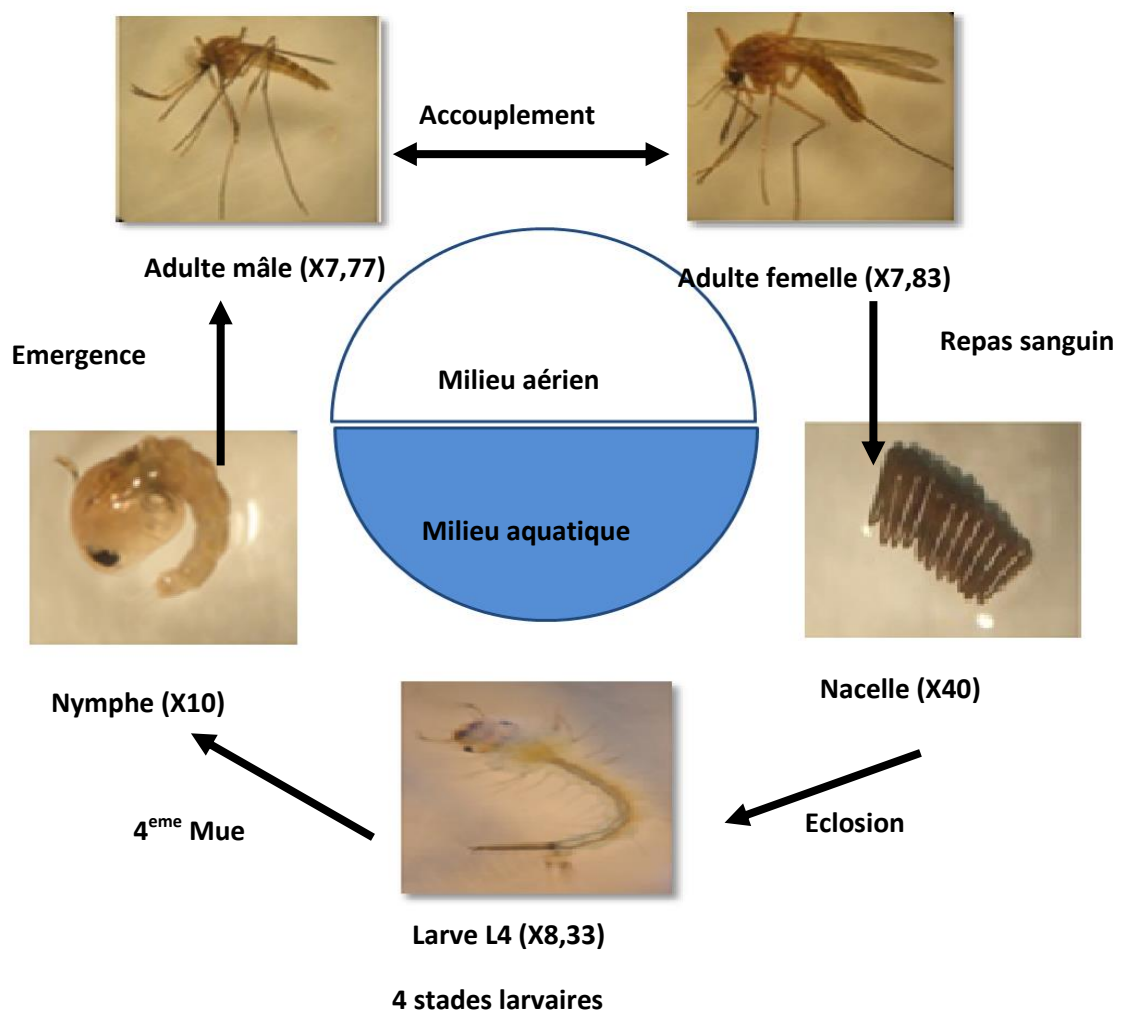


Figure 57: Cycle de développement biologique du moustique (photo personnelle)

A. Les œufs de moustiques:

Selon les genres de moustique, les femelles pondent leurs œufs de différentes manières, les œufs d'*Aedes* sont généralement déposés un par un sur un substrat humide à l'interface air/eau. Les femelles du genre *Culex* et *Culiseta* pondent des œufs à la surface de l'eau sous forme de barquettes ou nacelle (Figure 57), alors que les œufs du genre *Anopheles* sont pondus individuellement à la surface de l'eau. Le nombre des œufs pondus peut atteindre le 300 selon les espèces (Urquhart, 1996) qui éclosent en 24 à 48 heures (Ripert, 2007). Ils œufs sont généralement fusiforme et mesure environ 0,5 mm. Au moment de la ponte, ils sont blanchâtres et prennent rapidement, par oxydation de certains composants chimiques de la thèque, une couleur marron ou noir.

B. Les stades larvaires:

Le développement embryonnaire des deux espèces donne naissance à une larve; trois mues successives permettront de distinguer quatre stades larvaires (Cachareul, 1997). La durée du stade larvaire varie selon les espèces de Culicidae, la température du milieu, la densité larvaire ainsi que la disponibilité en nourriture. Les larves peuvent être présentes dans des étendues d'eau permanentes ou temporaires, fortement polluées ou pures, grandes ou petites, même les plus petites accumulations d'eau dans les seaux, vases, pneus, empreintes, sont des habitats larvaires potentiels (Clements, 1999). Les larves de moustiques sont généralement considérées comme détritivores bien qu'elles se nourrissent aussi de micro-organismes vivants tels que les bactéries et les algues. Le corps de la larve est constitué de 3 parties : la tête, incluse dans une capsule sclérotinisée, le thorax comprend trois segments fusionnés et l'abdomen pourvu de neuf segments, le dernier segment, est courbé ventralement à son extrémité postérieure. Le siphon est un organe médiane, sclérotinisé situé sur le côté dorsal du segment VIII, il est bien développé chez *Culex pipiens* dont le bord inférieur sert d'attaches à 4 ou 5 touffes de soies ventrales (Brunhes *et al.*, 2001), mais le siphon de la larve de *Culiseta longiareolata* est nettement différencié porteur d'une paire de soies insérées à la partie basale du peigne dont ce dernier est formé de dents disposées irrégulièrement (Brunhes *et al.*, 2001), les larves se nourrissent de divers microorganismes (particules végétales, bactéries et levures).

C. Le stade Nymphal:

Après les quatre stades larvaires, s'ensuit le stade nymphal ou pupal, au cours duquel la métamorphose permette à l'insecte de passer de l'état larvaire aquatique à l'état adulte aérien. En effet, les organes des larves subissent une histolyse pour mettre en place le corps de l'adulte. La tête et le thorax de la nymphe sont regroupés en un céphalothorax globuleux, surmonté de deux trompettes respiratoires. L'abdomen, segmenté, possède à son extrémité postérieure deux palettes natatoires, situées de part et d'autre du huitième segment. La nymphe est extrêmement sensible et plonge dans l'eau au moindre mouvement perçu (Cachareul, 1997). Dans ce stade qui dure en moyenne 1 à 3 jours, la nymphe ne se nourrit pas, la bouche et l'anus sont clos (Himmi *et al.*, 1995).

D. Le stade adulte:

Le corps est constitué de trois parties bien individualisées : tête, thorax et abdomen. Pour l'adulte *Culex pipiens* est de taille moyenne, au thorax jaunâtre. Les écailles de l'abdomen sont claires et sombres, le génitalia mâle est caractérisée par un gonocoxite dont la partie subapicale est composée de deux groupes de soies, la soie g du gonocoxite à une forme d'une feuille large ovale. La partie dorso-apicale du gonostyle est lisse son épine terminale est de forme spatulée (Brunhes *et al.*, 2001). L'adulte femelle de *Culiseta longiareolata* est un moustique de grande taille, au niveau de thorax, l'aile présente au moins une tache d'écaille sombres (Brunhes *et al.*, 2001), le génitalia mâle est caractérisé par un coxite abondamment poilu, le style est plutôt grêle et court, portant à l'apex une forte épine trapue (Brunhes *et al.*, 2001).

2.1.3. Elevage de moustiques:

L'élevage des stades de développement des deux espèces moustiques *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* a été assuré sous les conditions de laboratoire avec une température de $25^{\circ}\text{C} \pm 2$ et une photopériode journalière (Bendali *et al.*, 2001). L'élevage des adultes est mené dans des cages de forme cubiques (30 x 30 x 30 cm) avec une armature en bois, couverte de tulle comportant sur le côté un manchon qui permet l'introduction du matériels d'élevage (Figure 58). La capture, des adultes et les larves, est effectuée au niveau des gîtes d'études de la région de Tébéssa. Les adultes de moustiques sont nourris de dattes suspendues dans les cages d'élevage contenant des récipients remplis d'eau déchlorurée (Figure 58) où les femelles peuvent pondre des œufs en amas sous forme de nacelle flottante à la surface de

l'eau, après un repas sanguin suite à l'introduction de poussin déplumé. Une fois les œufs éclosent, les larves sont nourries d'un mélange de biscuit (75%) et de levure sèche (25%) (Bendali, 2006), qui permet un apport de protéines, de glucides et de Vitamine B (Andrean *et al.*, 1981). Une fois que les larves atteignent le stade nymphal, les pupes sont disposées dans des cages où elles se transformeront en adulte. Le changement de l'eau et l'ajout de la nourriture sont effectués tous les 2 à 3 jours.



Figure 58: Matériels d'élevage des moustiques au laboratoire (photo personnelle).

2.2. Bio-insecticide (*Bacillus thuringiensis ssp israelensis*):

Bacillus thuringiensis est un aérobie, bactérie à Gram positif qui est utilisé en tant que bio-pesticide pour la lutte contre les insectes nuisibles. La plupart des souches de *Bt* produisent toxines qui sont des cristaux protéiques (Federici *et al.*, 2003). L'activité insecticide des toxines a été attribuée à leur capacité à former des pores ioniques dans la membrane de bordure en brosse de l'intestin moyen des cellules épithéliales après interaction avec des récepteurs spécifiques (Valaitis, 2008).

Le *Bacillus thuringiensis*, a été classifié à la base des caractéristiques biochimiques et génétiques (Baumann *et al.*, 1984; Slepecky & Hemphill, 1992; Carlson & Kolsto, 1993; Hansen *et al.*, 1998). Les *Bacillus thuringiensis*, *Bacillus anthracis*, *Bacillus cereus*, *Bacillus mycoides*, *Bacillus pseudomycoides*, et *Bacillus weihenstephanensis* présentent des caractères phénotypiques proches et ils sont génétiquement apparentés si bien que ces six espèces sont souvent regroupées sous la dénomination de *Bacillus* du groupe *cereus*, et sa position dans le règne des bactéries est :

Règne : Bacteria.

Embranchement : Firmicutes.

Classe : Bacilli.

Ordre : Bacillacea.

Famille : Bacillaceae.

Genre : *Bacillus*.

Espèces : *Bacillus thuringiensis*. (Guinebertière & Sanchis, 2003)

2.3. Essais toxicologiques:

Les essais toxicologiques ont été réalisés à partir d'une nouvelle formulation de *Bacillus thuringiensis* Vectobac G, avec différentes concentrations à l'égard des différents stades larvaires de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. Différentes concentrations du *Bt* Vectobac G (5 ; 7,5 ; 12,5 et 25 µg/l) sont obtenues à partir d'une solution mère. Cette solution est préparée à partir de 10mg de *Bacillus thuringiensis* Vectobac G (200 UIT/mg), diluées dans un litre d'eau, puis laissée sous agitation magnétique pendant 30 minutes. Les bioessais, pour les séries traitées et témoins de chaque stade larvaire des deux espèces, sont réalisés en trois répétitions pour chaque concentration. Chaque répétition est représentée dans un récipient qui contient 200ml eau d'élevage et comporte 25 larves nouvellement exuvies et concentration choisie du produit testé. Après une exposition de 24h des larves aux différentes concentrations, selon les recommandations de l'organisation mondiale de la santé (O.M.S, 1983), les larves sont rincées et placées dans de nouveaux récipients avec de l'eau et de la nourriture. L'ajout de la nourriture et le changement d'eau sont effectués jusqu'à l'émergence des adultes. La toxicité du *Bacillus thuringiensis* Vectobac G à l'égard du moustique *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* a été révélée après plusieurs étapes avec un logiciel MINITAB (version 16,31 PA State College, USA):

➤ Mortalité observée (M.O):

Le pourcentage de la mortalité observée chez les larves témoins et traitées de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* a été déterminé par la formule suivante :

$$M.O = \frac{\text{Nombre de moustiques morts après traitement}}{\text{Nombre total de moustiques}} \times 100$$

➤ **Mortalité corrigée (M.C):**

Le pourcentage de la mortalité observée est corrigé par la formule d'Abott (1925), afin d'éliminer la mortalité naturelle, si elle est enregistrée dans la série des témoins (4 à 16 %), et d'évaluer la toxicité réelle du *Bt. Vectobac G*.

$$M.C = \frac{\text{Mortalité observée chez les traitées} - \text{Mortalité observée chez les témoins}}{100 - \text{Mortalité observée chez les témoins}} \times 100$$

➤ **La transformation angulaire :**

Les pourcentages de la mortalité corrigée subissent une transformation angulaire selon Bliss, cité par Fisher & Yates (1957), les données ainsi font l'objet d'une analyse de la variance à un critère de classification (traitement) réalisée grâce à avec le Minitab pour déterminer le seuil de signification (p).

➤ **L'analyse de probits :**

Les moyennes de la mortalité corrigée se convertissent en probits (Fisher & Yates, 1957) et les concentrations testées en logarithmes décimaux. Ces logarithmes décimaux en fonction des probits permettent de déterminer la droite de régression à partir de laquelle les CL₅₀ et CL₉₀ sont estimées (Finney, 1971).

$$Y = a X + b \text{ donc ; } X = \frac{\text{Probit } X - b}{a} \quad \text{ou } Y = \text{probit } 50 \text{ (90) et } X = \log \text{ CL}_{50} \text{ (CL}_{90}\text{)}.$$

$$\text{Exemple: probit } 50 = 5 \text{ donc: } X = \frac{5 - b}{a} = \log \text{ CL}_{50}$$

Anti log X = CL₅₀. Ainsi que pour la CL₉₀.

➤ **L'intervalle de confiance :** La méthode de Swaroop, (1965) précise l'intervalle de confiance avec une probabilité de 95%, en donnant la limite inférieure et supérieure de chaque concentration létale (CL₅₀ et CL₉₀).

$$\text{Limite supérieure} = \text{CL}_{50} \times \text{FCL}_{50} \text{ et Limite inférieure} = \text{CL}_{50} / \text{FCL}_{50}$$

$$FCL_{50} = \text{Anti log } C \quad \text{où } C = S (2.77/\sqrt{N}) \text{ et } S = \frac{CL_{84}/CL_{50} + CL_{50}/CL_{16}}{2}$$

N: Nombre des insectes morts entre la CL₁₆ et la CL₈₄; S: Slope.

2.4. Effet du *Bacillus thuringiensis* Vectobac G sur le développement des moustiques :

L'effet du *Bacillus thuringiensis* Vectobac G sur le développement de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* a été déterminé par la durée de développement des séries larvaires traitées aux concentrations létales (CL₅₀ et CL₉₀) ainsi que des séries témoins. La durée du stade de développement larvaire a été estimé par une action directe (enregistrée dans le stade traitée) et indirecte (enregistrée dans les stades de développements qui suivent le stade traitée) du produit testé avec plusieurs répétitions pour obtenir un nombre suffisants de larves survivantes.

2.5. Effet du *Bacillus thuringiensis* Vectobac G sur le potentiel reproducteur des moustiques:

Les paramètres du potentiel reproducteur de moustique *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*, a été mené par l'application des concentrations létales du *Bt. Vectobac G* (CL₅₀ = 16,21 µg/l, CL₉₀ = 75,85 µg/l ; CL₅₀ = 23,98 µg/l, CL₉₀ = 73,31µg/l respectivement). La première essaie consiste à faire exposer des larves L4 nouvellement exuviées, de chaque espèce aux concentrations létales (CL₅₀ et CL₉₀). Après 24h de traitement, les larves sont placées dans des nouveaux récipients contenant de l'eau propre et de la nourriture jusqu'à l'émergence. Ensuite, un effectif égal des adultes mâles et femelles (20 adultes témoins et traitées) a été retenu et mise en cage en déterminant ainsi le nombre des œufs pondus (compté sous binoculaire), la fécondité ainsi que le pourcentage d'éclosion. Dans une série d'essaie un nombre des œufs nouvellement pondus, issus des adultes élevés sous les conditions de laboratoire, sont exposés aux concentrations létales du *Bacillus thuringiensis* Vectobac G jusqu'à l'éclosion, pour déterminer le pourcentage d'éclosion (%). Les différents paramètres du potentiel de la reproduction ont été calculés par les formules suivantes:

➤ La fécondité (F):

$$F = \frac{\text{Nombre total des oeufs pondus}}{\text{Nombre totale des femelles}} \times 100$$

➤ **La réduction de la fécondité:**

$$\frac{\text{Nombre des oeufs pondus chez les témoins} - \text{Nombre des oeufs pondus chez les traitées}}{\text{Nombre des oeufs pondus chez les témoins}} \times 100$$

➤ **Le pourcentage d'éclosion (PE):**

$$PE = \frac{\text{Nombre des oeufs éclos}}{\text{Nombre des oeufs pondus}} \times 100$$

➤ **La réduction du pourcentage d'éclosion:**

$$\frac{\text{Nombre des oeufs éclos chez les témoins} - \text{Nombre des oeufs éclos chez les traitées}}{\text{Nombre des oeufs éclos chez les témoins}} \times 100$$

Les résultats des différents paramètres de la reproduction ont fait l'objet d'une analyse de la variance à un critère de classification et le test *t* de Student. Celle ci a été réalisée à l'aide d'un logiciel MINITAB (version 16.31. USA).

3. RESULTATS:

L'activité insecticide du *Bacillus thuringiensis* (Bt.) Vectobac G a été évaluée à l'égard des différents stades larvaires de *Culex pipiens* ainsi que *Culesita longiareolata*. La toxicité de ce produit a été déterminée par une action directe, exprimée par la mortalité enregistrée durant le stade traité (L1, L2, L3 ou L4), et une action cumulée exprimée par la mortalité enregistrée du stade traité jusqu'à l'émergence des adultes. Les concentrations létales CL_{50} et CL_{90} estimées à partir des essais toxicologiques font par la suite l'objet d'une étude sur le développement et la reproduction chez les deux espèces de moustiques *Culex pipiens* et *Culesita longiareolata*.

3.1. Toxicité du Bt. Vectobac G à l'égard des larves de *Culex pipiens*:

3.1.1. Action directe du Bt. Vectobac G sur le stade L1 de *Culex pipiens*:

Les larves du stade L1 de *Culex pipiens* ont été exposées aux différentes concentrations du Bt. Vectobac G (5 ; 7,5 ; 12,5 et 25 $\mu\text{g/l}$) et la mortalité observée durant ce stade, des différentes séries d'expérience (témoins et traitées), est mentionnée dans le tableau 22. Un effet concentration- réponse a été constaté (Figure 59), enregistrant des valeurs variant de 33,66 % avec la concentration la plus faible 5 $\mu\text{g/l}$ et allant jusqu'à 81,33 % avec la concentration la plus élevée 25 $\mu\text{g/l}$. Une transformation angulaire des mortalités observées a été effectuée pour normaliser les données obtenues, et permet ainsi d'effectuer l'analyse statistique (ANOVA). L'analyse statistique à un seul critère de classification (traitement) a fait connaître un effet très hautement significatif ($p < 0,001$) (Tableau 23).

Tableau 22: Mortalité observée (%) des larves L1 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du Bt. Vectobac G (C: concentrations; R: répétition; $m \pm SE$; $n = 75$); (Action directe).

R/C	Témoin	5 $\mu\text{g/l}$	7,5 $\mu\text{g/l}$	12,5 $\mu\text{g/l}$	25 $\mu\text{g/l}$
R1	0	32	60	88	88
R2	0	40	56	78	80
R3	0	28	68	72	76
$m \pm SE$	0,00 $\pm$ 0,00	31,66 $\pm$ 8,50	61,33 $\pm$ 6,11	76,66 $\pm$ 4,16	81,33 $\pm$ 6,11

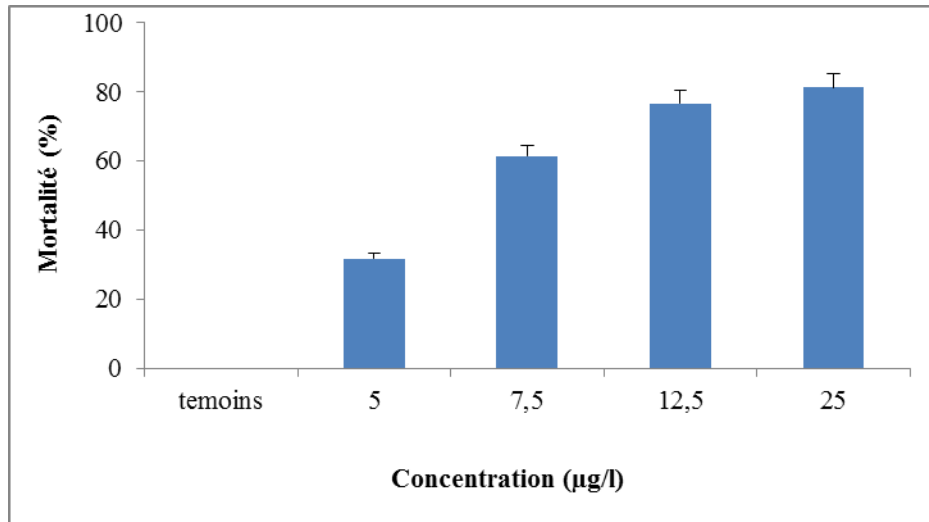


Figure 59: Mortalité observée (%) des larves L1 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G*; (Action directe).

Tableau 23: Analyse de la variance de données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L1 de *Culex pipiens*; (Action directe).

Source	Ddl	SC	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	14228,3	3557,1	100,29	0,000 ***
Erreur	10	354,7	35,5		
Total	14	14582,9			

Une transformation des moyennes de mortalités corrigées en probits et les concentrations testées en logarithmes décimaux ont été réalisées, dans le but de déterminer l'équation de la droite de régression, dont le coefficient de détermination ($R^2 = 0,9973$) qui révèle une liaison positive forte entre les probits et les logarithmes décimaux (Figure 60). La CL_{50} et CL_{90} , estimées après l'analyse des probits sont respectivement 7,09 µg/l avec un intervalle de confiance de 8,12 à 6,28 µg/l, et 17,38 µg/l avec un intervalle de confiance de 41,80 à 27 µg/l (Tableau 24).

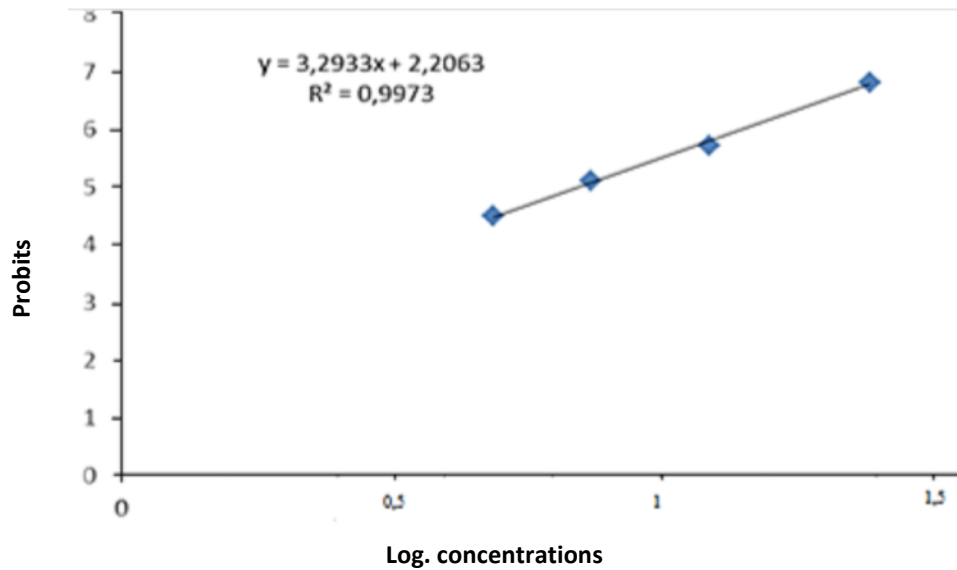


Figure 60: La droite de regression des probits des moyennes de mortalite corrgee des larves L1 en fonction des logarithmes décimaux des concertations (R^2 = Coefficient de détermination); (Action directe).

Tableau 24: Toxicité du *Bt. Vectobac G* à l'égard des larves L1 de *Culex pipiens*; (Action directe).

Stade	Slope	CL ₅₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL ₉₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)
L1	1,47	6,28 < 7,09 < 8,12	41,80 < 27,38 < 27

3.1.2. Action cumulée du *Bt. Vectobac G* sur le stade L1 de *Culex pipiens*:

L'effet cumulé du *Bt. Vectobac G* sur les larves L1, enregistrée jusqu'à l'émergence des adultes est indiquée dans le tableau 25. Les taux de mortalité observée, sont comprises entre 38,66 % pour la concentration la plus faible 5 µg/l et 97,33 % pour la concentration la plus forte 25 µg/l, avec toujours une relation concentration-réponse (Figure 61). Les moyennes des mortalités corrigées ont subis une transformation angulaire, ensuite les données obtenus ont fait l'objet d'une analyse statistique à un seul critère de classification qui révèle un effet hautement significatif ($P < 0,001$) du produit testé sur l'ensemble des stades étudiés (Tableau 26).

Tableau 25: Mortalité observée (%) des larves L1 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations; R: répétition; $m \pm SE$; $n= 75$); (Action cumulée)

R/C	Témoin	5 μ g/l	7,5 μ g/l	12,5 μ g/l	25 μ g/l
R1	4	44	78	92	100
R2	0	40	72	88	92
R3	0	32	68	96	100
m $\pm$ SE	1,33 $\pm$ 2,30	38,66 $\pm$ 6,11	72,66 $\pm$ 5,03	92 $\pm$ 4	97,33$\pm$4,61

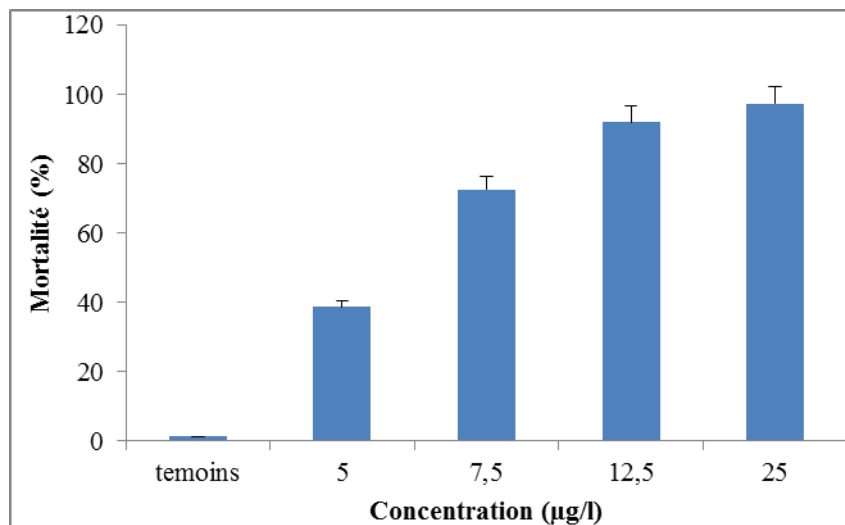


Figure 61: Mortalité observée(%) des larves L1 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G*. (Action cumulée).

Tableau 26: Analyse de la variance de données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L1 de *Culex pipiens*; (Action cumulée).

Source	Ddl	SC	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	19422,9	4855,7	230,49	0,000 ***
Erreur	10	210,7	21,1		
Total	14	19633,6			

Les résultats obtenus des moyennes des mortalités sont corrigées et ont subits une transformation en probits et les concentrations testées ont été converties en logarithmes décimaux, pour tracer l'équation de la droite de régression (Figure 62). Le coefficient de détermination de cette droite ($R^2= 0,9477$) révèle une liaison positive très forte entre les probits et les logarithmes décimaux. Les concentrations CL_{50} et CL_{90} , déterminées à partir de

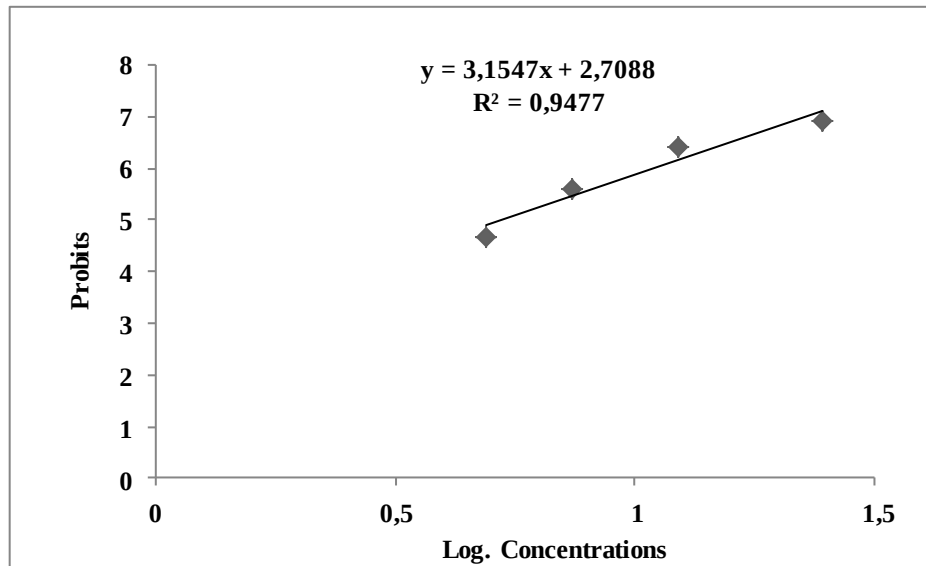


Figure 62: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L1 en fonction des logarithmes décimaux des concertations (R^2 = Coefficient de détermination); (Action cumulée)

La droite de régression sont 5,37 µg/l avec un intervalle de confiance 3,7 à 6,02 (µg/l), et 13,69 µg/l avec un intervalle de confiance de 11,57 à 17,22 µg/l respectivement (Tableau 27).

Tableau 27: Toxicité du *Bt. Vectobac G* à l'égard des larves L1 de *Culex pipiens*; (Action cumulée).

Stade	Slope	CL ₅₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL ₉₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)
L1	1,6	3,7 < 5,37 < 6,02	11,57 < 13,69 < 17,22

3.1.3. Action directe du *Bt. Vectobac G* sur le stade L2 de *Culex pipiens*:

L'efficacité du *Bt. Vectobac G* a été évaluée sur des larves L2 de *Culex pipiens*, exposées à la même gamme de concentrations de 5 à 25 µg/l. La mortalité observée durant ce stade traité est présentée dans le tableau 28 avec des taux de 23,33 % pour la concentration la plus faible 5 µg/l et qui augmente jusqu'au 66,66 % pour la concentration la plus élevée 25 µg/l, avec toujours une relation concentration-réponse (Figure 63). Les moyennes de la mortalité corrigée sont normalisées par une transformation angulaire, afin d'effectuer une analyse statistique. Les résultats des analyses statistiques à un seul critère de classification (traitement) montre qu'il existe un effet hautement significatif ($P < 0,001$) (Tableau 29).

Tableau 28: Mortalité observée (%) des larves L2 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations; R: répétition; $m \pm SE$; $n= 75$); (Action directe).

R/C	Témoin	5 μ g/l	7,5 μ g/l	12,5 μ g/l	25 μ g/l
R1	0	18	32	44	72
R2	0	20	40	48	60
R3	8	32	36	56	68
m $\pm$ SE	2,66 $\pm$ 4,61	23,33 $\pm$ 6,11	36 $\pm$ 4, 00	49,33 $\pm$ 6,11	66,66 $\pm$ 6, 11

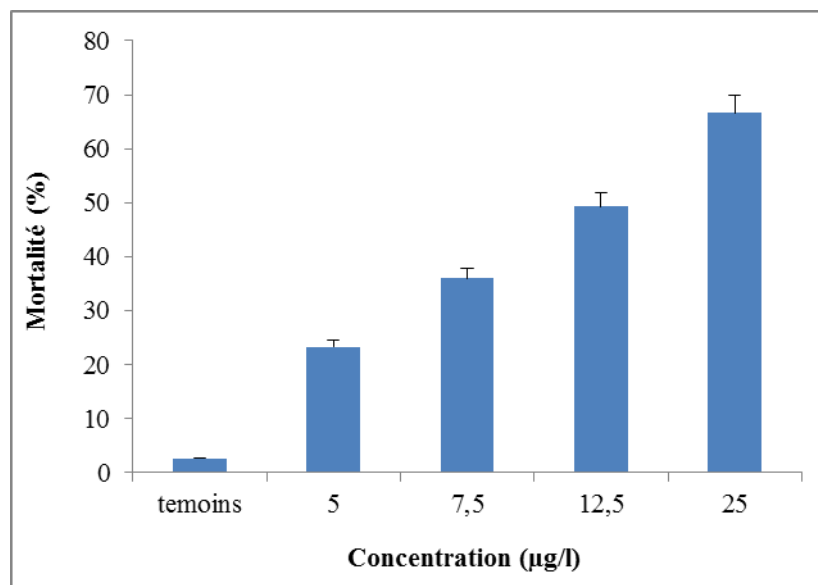


Figure 63: Mortalité observée (%) des larves L2 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G*; (Action directe).

Tableau 29: Analyse de la variance de données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L2 de *Culex pipiens*; (Action directe).

Source	Ddl	SC	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	7166,9	1791,7	52,91	0,000 ***
Erreur	10	338,7	33,9		
Total	14	7505,6			

L'équation et la droite de régression ont été déterminés (Figure 64) après une transformation des moyennes des mortalités corrigées en probits et les concentrations testées en logarithmes décimaux. Le coefficient de détermination ($R^2= 0,9904$) révèle une liaison aussi positive entre les probits et les logarithmes décimaux des concentrations testées. Les concentrations létales CL_{50} et CL_{90} , estimées à partir de l'équation et la droite de régression sont respectivement

18,38 µg/l avec un intervalle de confiance de 17,22 à 19,73 µg/l et 33,55 µg/l avec un intervalle de confiance de 32,26 à 45,82 µg/l (Tableau 30).

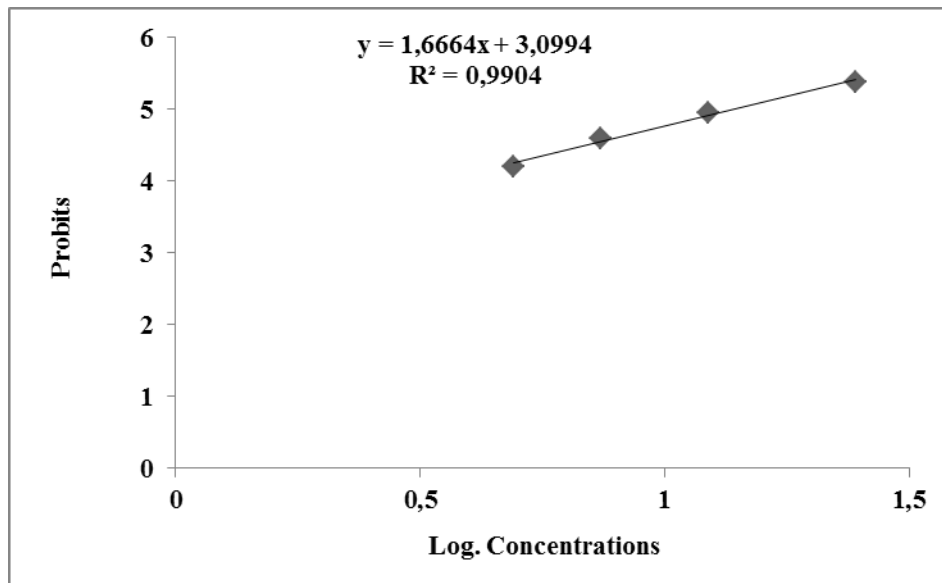


Figure 64: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L2 en fonction des logarithmes décimaux des concertations (R^2 = Coefficient de détermination); (Action directe).

Tableau 30: Toxicité du *Bt. Vectobac G* à l'égard des larves L2 de *Culex pipiens*; (Action directe).

Stade	Slope	CL ₅₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL ₉₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)
L2	2,3	17,22<18,38 < 19,73	32,26 < 33,55 < 45,82

3.1.4. Action cumulée du *Bt.Vectobac G* sur le stade L2 de *Culex pipiens*: L'action cumulée du *Bt. Vectobac G* après le traitement des L2 de *Culex pipiens* par les différentes concentrations, est mentionné dans le tableau 31. Une augmentation de la mortalité observée (%) est enregistrée à chaque fois qu'on augmente en concentration avec des pourcentage de 26,66 % pour la concentration de 5 µg/l à 96 % pour la concentration de 25 µg/l. Les données ont ensuite subies une transformation angulaire pour l'analyse statistique à un seul critère de classification (traitement) des données obtenus, révèle un effet cumulé hautement significatif ($p<0,001$) (Tableau 32).

Tableau 31: Mortalité observée (%) des larves L2 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations; R: répétition; $m \pm SE$; $n= 75$); (Action cumulée).

R/C	Témoins	5 µg/l	7,5 µg/l	12,5 µg/l	25 µg/l
R1	04	20	56	88	96
R2	00	28	40	76	92
R3	08	32	48	84	100
m $\pm$ SE	4 $\pm$ 4	26,66 $\pm$ 6,11	48 $\pm$ 8	82,66 $\pm$ 6,11	96 $\pm$ 4

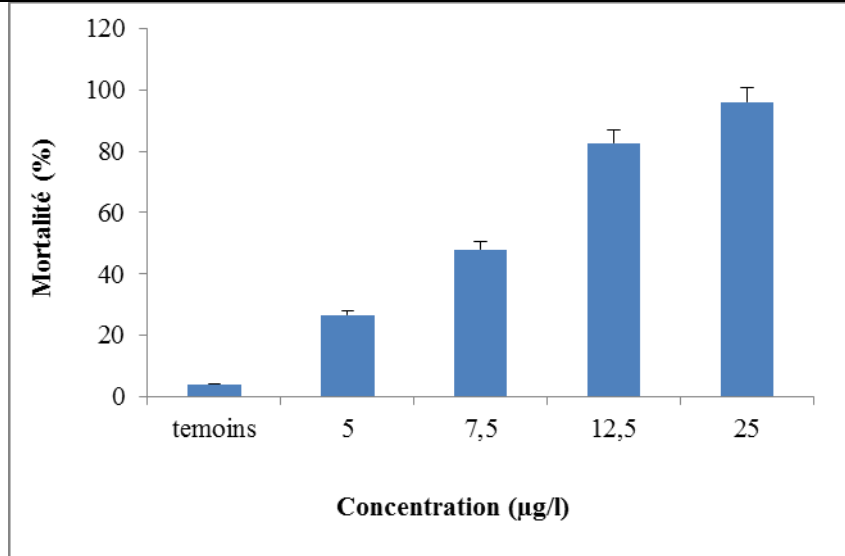


Figure 65: Mortalité observée (%) des larves L2 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations; R: répétition; $m \pm SE$; $n= 75$); (Action cumulée).

Tableau 32: Analyse de la variance de données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L2 de *Culex pipiens*; (Action cumulée).

Source	Ddl	SC	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	17510,4	4377,6	128,25	0,000 ***
Erreur	10	341,3	34,1		
Total	14	17851,7			

Une transformation des moyennes des mortalités corrigées et des concentrations testées en logarithmes décimaux a été réalisée, pour tracer et évaluer l'équation de la droite de

régression (Figure 66). Le coefficient de détermination ($R^2 = 0,8943$) révèle une liaison positive entre les probits et les logarithmes décimaux des concentrations testées. Les concentrations létales CL_{50} et CL_{90} , déterminées à partir de l'équation de la droite de régression sont de 7,69 µg/l avec un intervalle de confiance de 6,92 à 8,53 µg/l et de 17,78 µg/l avec un intervalle de confiance de 16,01 à 19,73 µg/l respectivement (Tableau 33).

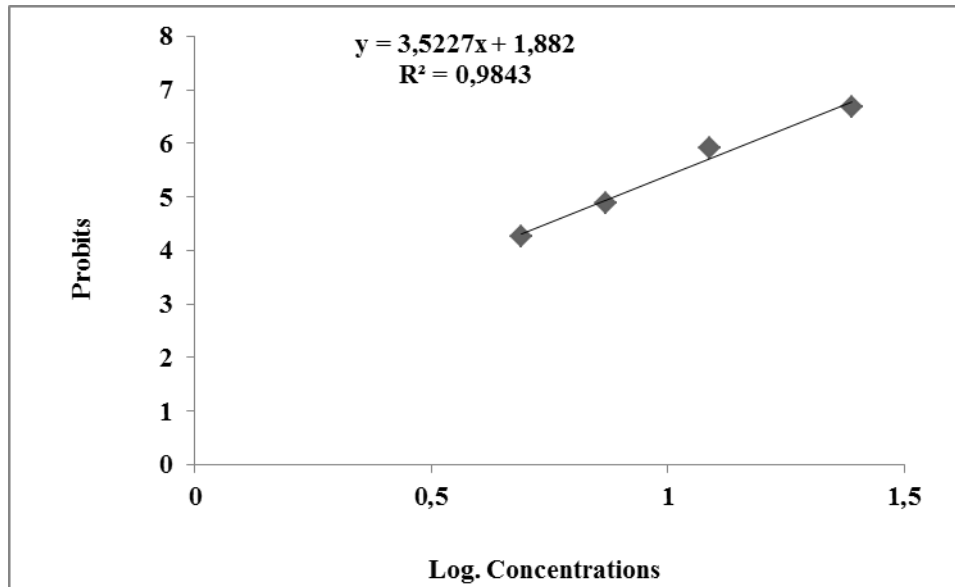


Figure 66: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L2 en fonction des logarithmes décimaux des concentrations (R^2 = Coefficient de détermination); (Action cumulée).

Tableau 33: Toxicité du *Bt. Vectobac G* à l'égard des larves L2 de *Culex pipiens*; (Action cumulée).

Stade	Slope	CL_{50} (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL_{90} (µg/l) Intervalle de confiance (95%)
L2	1,70	6,92 < 7,69 < 8,53	16,01 < 17,78 < 19,73

3.1.5. Action directe du *Bt. Vectobac G* sur le stade L3 de *Culex pipiens*:

L'effet toxique du *Bt. vectobac G* a été étudié sur les larves du troisième stade nouvellement exuviées de *Culex pipiens* avec des concentrations comprises entre 5 et 25 µg/l. Le tableau 34 et la figure 67 représentent les taux de mortalité observée des larves qui augmentent en fonction des concentrations. La valeur de mortalité la plus faible (12,66 %) est enregistré avec la concentration 5 µg/l et la plus élevée (58%) est enregistré avec la concentration 25 µg/l. La transformation angulaire, effectuée après la correction des

moyennes de mortalité observée. L'analyse de la variance (Tableau 35) à un seul critère de classification révèle un effet hautement significatif ($p < 0,001$).

Tableau 34: Mortalité observée (%) des larves L3 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations; R: répétition; $m \pm SE$; $n = 75$); (Action directe).

R/C	Témoin	5 μ g/l	7,5 μ g/l	12,5 μ g/l	25 μ g/l
R1	8	08	36	38	58
R2	4	18	20	36	56
R3	0	12	20	28	60
m $\pm$ SE	4, 00 $\pm$ 4, 00	12,66$\pm$5,03	22,66$\pm$ 4,61	34, 00 $\pm$ 5,29	58, 00 $\pm$ 2, 00

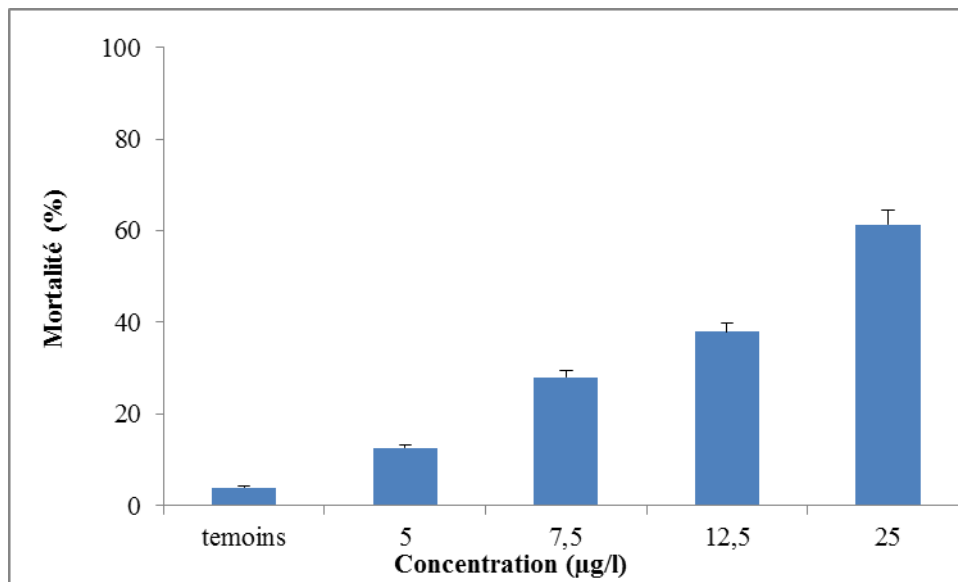


Figure 67: Mortalité observée (%) des larves L3 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G*; (Action directe).

Tableau 35: Analyse de la variance de données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L3 de *Culex pipiens*; (Action directe).

Source	Ddl	SC	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	5241,1	1310,3	41,29	0,000 ***
Erreur	10	317,3	31,7		
Total	14	5558,4			

La droite de régression tracée après l'analyse des probits et la transformation des concentrations testées est représentée sur la figure 68 avec un coefficient de détermination

($R^2 = 0,9673$) qui indique une liaison positive entre les probits et l'algorithme décimal des concentrations. Les CL_{50} et CL_{90} estimées sont respectivement, 18,45 µg/l avec un intervalle de confiance de 17,61 à 20,41 µg/l et 71,31 µg/l avec un intervalle de confiance de 69,27 à 85,71 µg/l (Tableau 36).

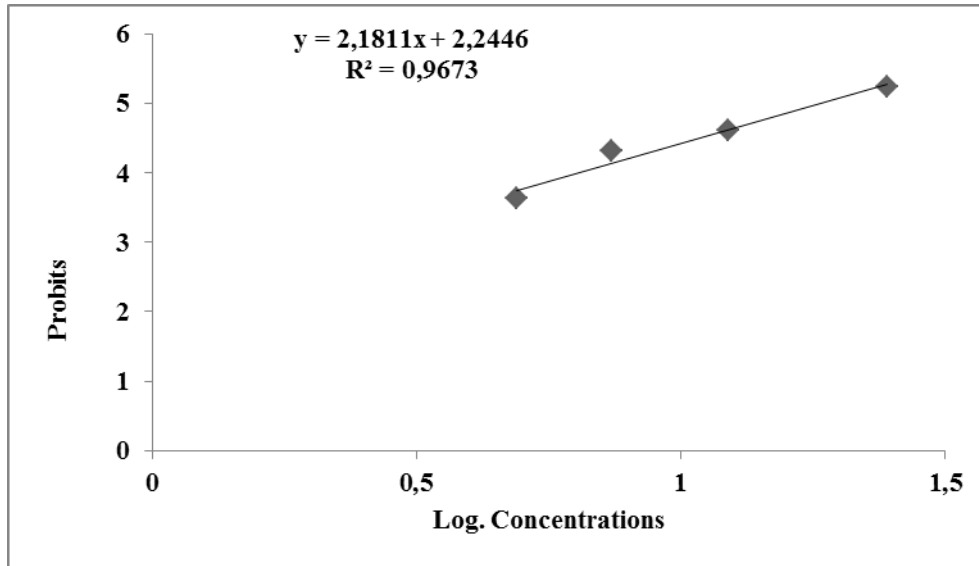


Figure 68: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L3 en fonction des logarithmes décimaux des concentrations (R^2 = Coefficient de détermination); (Action directe).

Tableau 36: Toxicité du *Bt. Vectobac G* à l'égard des larves L3 de *Culex pipiens*; (Action directe).

Stade	Slope	CL_{50} (µg/l)	CL_{90} (µg/l)
		Intervalle de confiance (95%)	Intervalle de confiance (95%)
L3	1,87	17,61 < 18,45 < 20,41	69,27 < 71,31 < 85,71

3.1.6. Action cumulée du *Bt. Vectobac G* sur le stade L3 de *Culex pipiens*: 25.71 < 20.41

L'effet cumulé du *Bt. Vectobac G* après le traitement des L3 de *Culex pipiens* nouvellement exuviées avec les mêmes concentrations est enregistré dans le tableau 37. La même conclusion que celle de l'action directe a été retenue concernant l'effet concentration-réponse (Figure 69). Les taux de mortalité corrigée subissent une transformation angulaire et font l'objet d'une analyse de la variance à un seul critère de classification (Tableau 38) qui indique qu'il existe un effet concentration hautement significatif ($p < 0,000$).

Tableau 37: Mortalité observée (%) des larves L3 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations; R: répétition; $m \pm SE$; $n= 75$); (Action cumulée).

R/C	Témoin	5 μ g/l	7,5 μ g/l	12,5 μ g/l	25 μ g/l
R1	8	24	32	52	78
R2	4	18	32	56	80
R3	0	20	28	64	76
m $\pm$ SE	4, 00 $\pm$4, 00	20,66 $\pm$ 3,05	30,66 $\pm$ 2,30	57,33 $\pm$ 6,11	78, 00 $\pm$ 2, 00

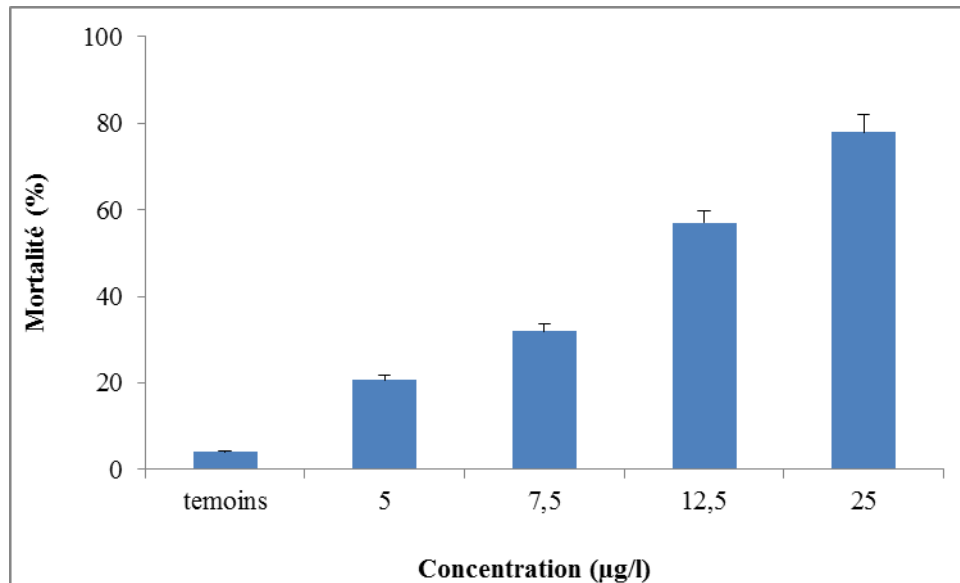


Figure 69: Mortalité observée (%) des larves L3 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations; R: répétition; $m \pm SE$; $n= 75$); (Action cumulée).

Tableau 38: Analyse de la variance de données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L3 de *Culex pipiens*; (Action cumulée).

Source	Ddl	SC	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	9982,9	2495,7	148,56	0,000 ***
Erreur	10	168,0	16,8		
Total	14	10150,9			

Le coefficient de détermination ($R^2= 0,9813$) indiqué dans la droite de régression (Figure 70) exprime une liaison positif forte entre les probits et le logarithme décimale des concentrations. Les concentrations létales CL_{50} et CL_{90} sont respectivement 11,92 μ g/l avec un intervalle de confiance de 14,1 à 15,2 μ g/l et 38,93 μ g/l avec un intervalle de confiance de 32,36 à 41,80 μ g/l (Tableau 39).

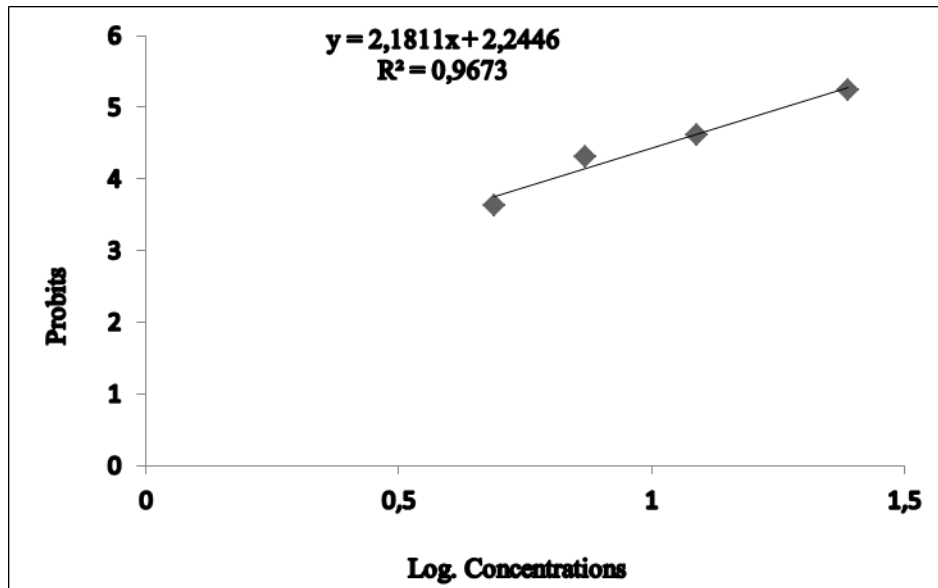


Figure 70: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L3 en fonction des logarithmes décimaux des concentrations (R^2 = Coefficient de détermination); (Action cumulée).

Tableau 39: Toxicité du *Bt. Vectobac G* à l'égard des larves L3 de *Culex pipiens*; (Action cumulée).

Stade	Slope	CL ₅₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL ₉₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)
L3	1,54	14,1 < 11,92 < 15,2	32,36 < 38,93 < 41,80

3.1.7. Action directe du *Bt. Vectobac G* sur le stade L4 de *Culex pipiens*:

L'efficacité du *Bt. Vectobac G* a été évaluée sur des larves L4 de l'espèce de moustique *Culex pipiens* exposées pendant 24h à la même gamme de concentrations 5 à 25 µg/l. La mortalité observée durant ce stade traité est mentionnée dans le tableau 40 avec des taux de 12 % à 42,66 % avec les deux concentrations 5 et 25 µg/l, indiquant toujours une relation concentration-réponse (Figure 71). Les moyennes de la mortalité corrigées sont normalisées par une transformation angulaire, pour effectuer une analyse statistique. Les résultats des analyses statistiques à un seul critère de classification (traitement) révèlent un effet hautement significatif ($P < 0,000$) (Tableau 41).

Tableau 40: Mortalité observée (%) des larves L4 de *Culex pipiens* nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations, R: répétition, $m \pm SE$, $n= 75$); (Action directe).

R/C	Témoin	5 µg/l	7,5 µg/l	12,5 µg/l	25 µg/l
R1	0	08	18	32	44
R2	0	12	12	24	36
R3	0	16	20	36	48
m $\pm$ SE	0, 00 $\pm$ 0, 00	12, 00 $\pm$ 4, 00	16, 66 $\pm$ 4, 16	30, 66 $\pm$ 6, 11	42, 66 $\pm$ 6, 11

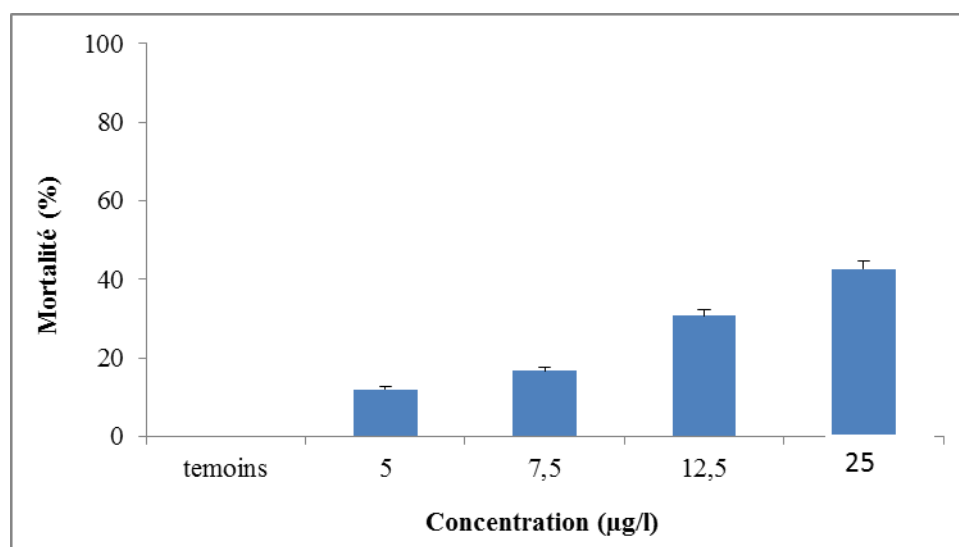


Figure 71: Mortalité observée (%) des larves L4 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G*; (Action directe).

Tableau 41: Analyse de la variance des données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L4 de *Culex pipiens*; (Action directe).

Source	Ddl	SC	C M	F.obs	P
Factorielle	4	3305,6	826,4	38,26	0,000 ***
Erreur	10	216,0	21,6		
Total	14	3521,6			

L'équation et la droite de régression ont été déterminés (Figure 72) après une transformation des moyennes des mortalités corrigées en probits et les concentrations testées en logarithmes décimaux. Le coefficient de détermination ($R^2= 0,9813$) révèle une liaison aussi positive entre les probits et les logarithmes décimaux des concentrations testées. Les concentrations létales CL_{50} et CL_{90} , estimées à partir de l'équation et la droite de régression

sont respectivement 16,21 µg/l avec un intervalle de confiance de 9,1 et 7,6 (µg/l) et 74 µg/l avec un intervalle de confiance de 18,2 et 23,7 (µg/l) (Tableau 42).

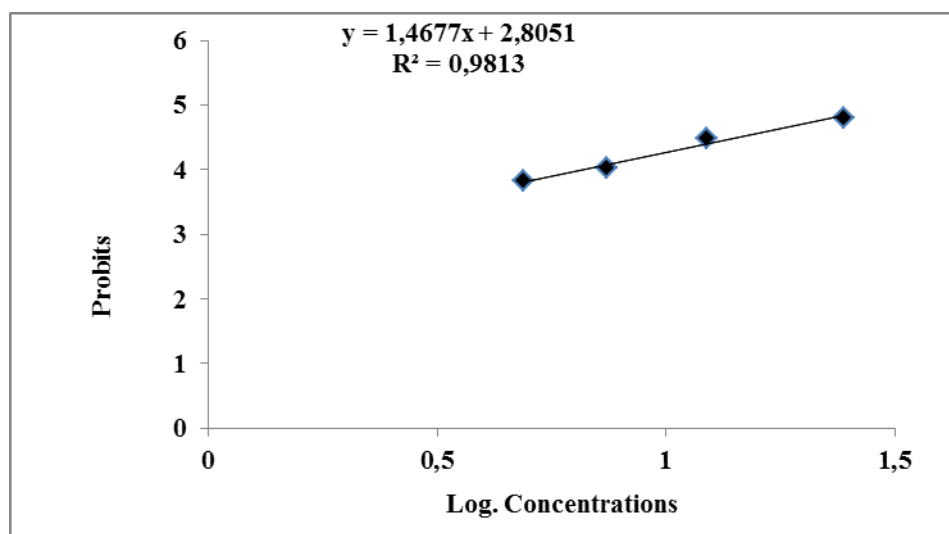


Figure 72: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L4 en fonction des logarithmes décimaux des concertations (R^2 = Coefficient de détermination); (Action directe).

Tableau 42: Toxicité du *Bt. Vectobac G* à l'égard des larves L4 de *Culex pipiens*; (Action directe).

Stade	Slope	CL ₅₀ (µg/l)	CL ₉₀ (µg/l)
		Intervalle de confiance (95%)	Intervalle de confiance (95%)
L4	1,2	32,36 <38,51 <45,82	61,60 <77,62 <97,80

3.1.8. Action cumulée du *Bt. Vectobac G* sur le stade L4 de *Culex pipiens*:

La mortalité observée de l'effet cumulé du *Bacillus thuringiensis* Vectobac G après le traitement du stade L4 de *Culex pipiens* est mentionnée dans le tableau 43. Une augmentation du taux demortalité (%) est enregistrée en fonction des concentrations (Figure 73) avec des pourcentage de 13,33 % pour la concentration de 5 µg/l à 58,66 % pour la concentration de 25 µg/l. les moyennes de mortalité corrigées ont ensuite subit une transformation angulaire pour les sous mettre a une analyse statistique à un seul critère de classification (traitement). Les résultats des analyses des données obtenus, révèle un effet cumulé hautement significatif ($p < 0,001$) (Tableau 44).

Tableau 43: Mortalité observée (%) des larves L4 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations, R: répétition, $m \pm SE$, $n= 75$); (Action cumulée).

R/C	Témoin	5 µg/l	7,5 µg/l	12,5 µg/l	25 µg/l
R1	0	12	28	48	60
R2	0	12	32	52	64
R3	0	16	24	48	52
m $\pm$ SE	0,00 $\pm$ 0,00	13,33 $\pm$ 2,30	28,00 $\pm$ 4,00	49,33 $\pm$ 2,30	58,66 $\pm$ 6,11

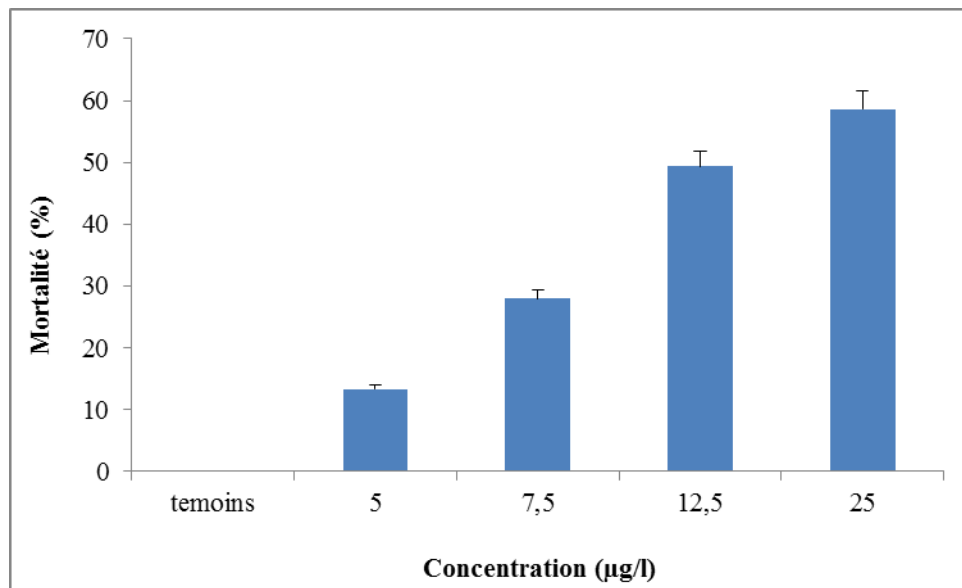


Figure 73: Mortalité observée (%) des larves L4 de *Culex pipiens*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G*; (Action cumulée).

Tableau 44: Analyse de la variance des données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L4 de *Culex pipiens*; (Action cumulée).

Source	DL	SC	C M	F. Obs	P
Factorielle	4	7131,7	1782,9	139,29	0,000 ***
Erreur	10	128,0	12,8		
Total	14	7259,7			

Une transformation des moyennes des mortalités corrigées et des concentrations testées en logarithmes décimaux a été réalisée pour tracer et évaluer l'équation de la droite de régression (Figure 74). Le coefficient de détermination ($R^2= 0,924$) révèle une liaison forte entre les probits et les logarithmes décimaux des concentrations testées. Les concentrations

létales CL_{50} et CL_{90} , déterminées à partir de l'équation de la droite de régression sont de 16,21 $\mu\text{g/l}$ avec un intervalle de confiance de 11,91 à 22,04 $\mu\text{g/l}$ et de 75,85 $\mu\text{g/l}$ avec un intervalle de confiance de 55,77 et 103,15 $\mu\text{g/l}$ respectivement (Tableau 45).

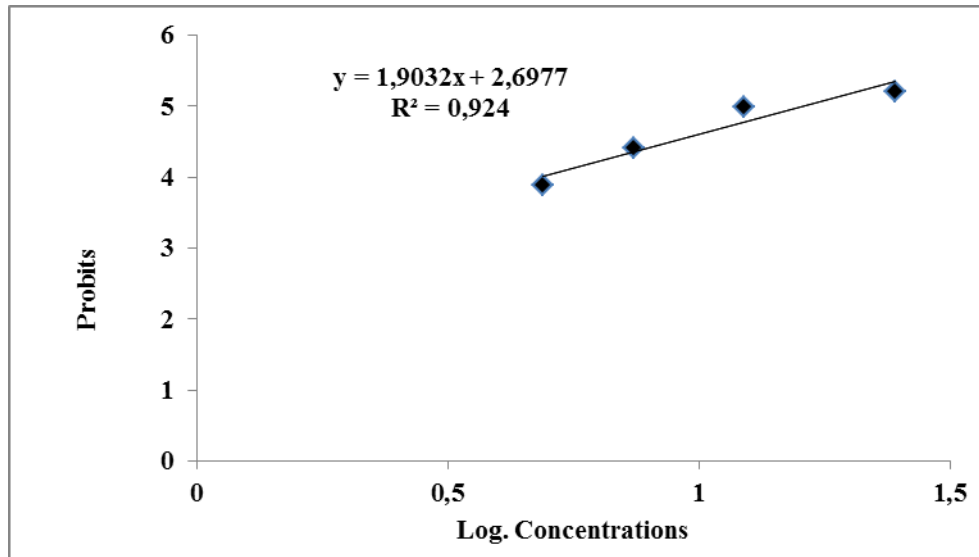


Figure 74: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée en fonction des logarithmes décimaux des concentrations (R^2 = Coefficient de détermination); (Action cumulée).

Tableau 45: Toxicité du *Bt. Vectobac G* à l'égard des larves L4 de *Culex pipiens*; (Action cumulée).

Stade	Slope	CL_{50} ($\mu\text{g/l}$) Intervalle de confiance (95%)	CL_{90} ($\mu\text{g/l}$) Intervalle de confiance (95%)
L4	1,5	11,91 < 16,21 < 22,04	55,77 < 75,85 < 103,15

3.2. Toxicité du *Bt. Vectobac G* sur les larves de *Culiseta longiareolata*:

3.2.1. Action directe du *Bt. Vectobac G* sur le stade L1 de *Culiseta longiareolata*:

La mortalité observée du *Bt. vectobac G* appliqué sur les larves du premier stade nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata* avec les concentrations de 5 à 25 $\mu\text{g/l}$, est mentionnée dans le tableau 46 et la figure 75. Des taux variant de 32 % (5 $\mu\text{g/l}$) à 100 % (25

µg/l) ont été constatés chez les séries traitées. L'analyse statistique à un seul critère de classification (Tableau 47) montre une différence très hautement significative ($p < 0,001$).

Tableau 46: Mortalité observée (%) des larves L1 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations; R: répétition; $m \pm SE$; $n = 75$); (Action directe).

R/C	Témoin	5 µg/l	7,5 µg/l	12,5 µg/l	25 µg/l
R1	0	28	68	80	100
R2	0	32	64	84	100
R3	0	36	72	88	100
m $\pm$ SE	0,00 $\pm$ 0,00	32,00 $\pm$ 4,00	68,00 $\pm$ 4,00	84,00 $\pm$ 4,00	100,00 $\pm$ 0,00

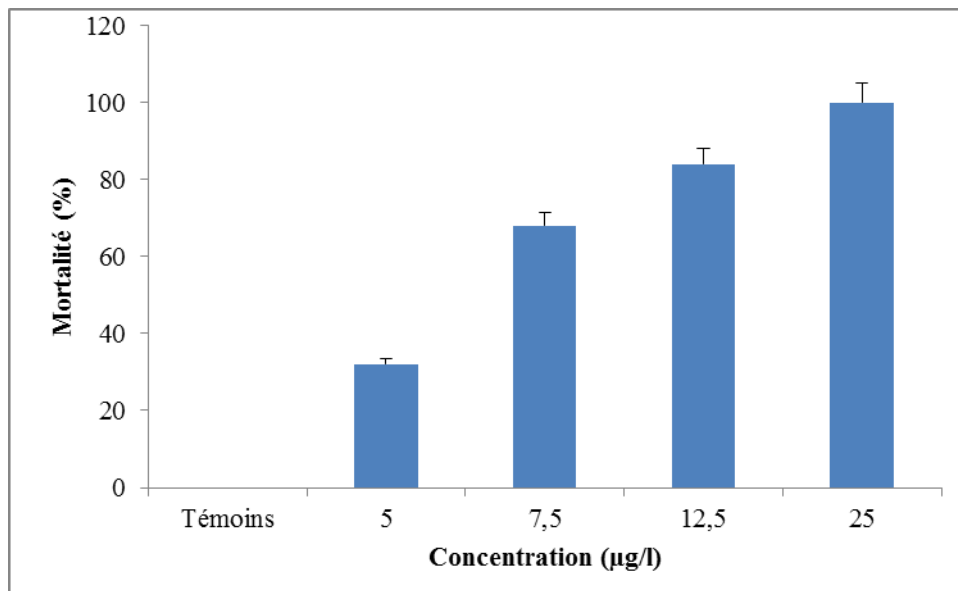


Figure 75: Mortalité observée (%) des larves L1 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G*; (Action directe).

Tableau 47: Analyse de la variance de données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L1 de *Culiseta longiareolata*; (Action directe).

Source	Ddl	SC	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	19593,6	4898,4	408,20	0,000 ***
Erreur	10	120,0	12,0		
Total	14	19713,6			

Le coefficient de détermination ($R^2 = 0,960$) indique une liaison positive forte entre les probits et l'algorithme des concentrations (Figure 76). Les concentrations CL_{50} et CL_{90} sont révélées à partir de l'analyse des probits des pourcentages des mortalités observées, et sont respectivement 6,21 µg/l avec un intervalle de confiance de 3,2 et 2,80 µg/l et 18,81 µg/l avec un intervalle de confiance de 15,80 et 19,52 µg/l (Tableau 48).

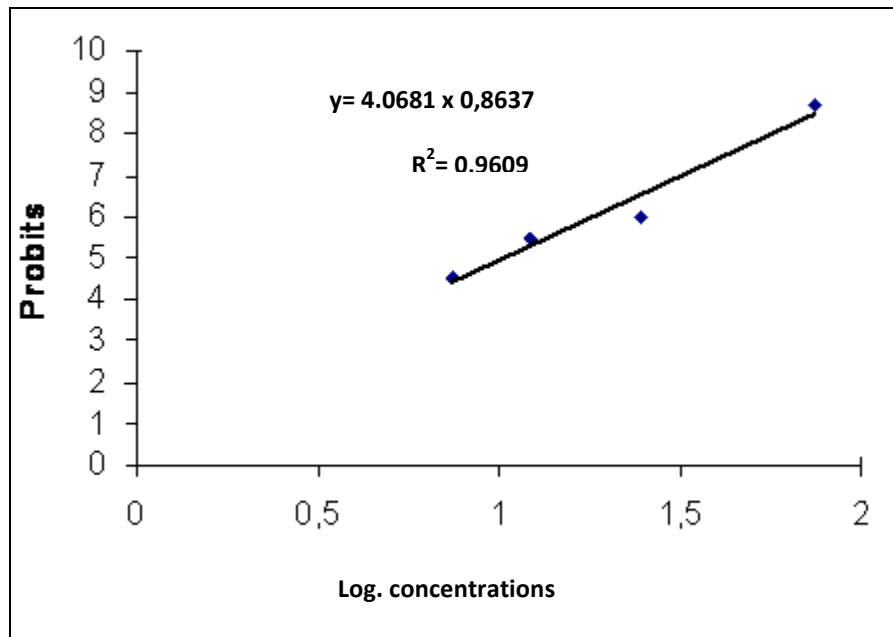


Figure 76: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L1 en fonction des logarithmes décimaux des concentrations (R^2 = Coefficient de détermination) ; (Action directe).

Tableau 48: Toxicité du *Bt. Vectobac G* à l'égard des larves L1 de *Culiseta longiareolata*; (Action directe).

Stade	Slope	CL_{50} (µg/l)	CL_{90} (µg/l)
		Intervalle de confiance (95%)	Intervalle de confiance (95%)
L1	1,27	5,92 < 6,21 < 8,04	15,80 < 18,81 < 19,52

3.2.2. Action cumulée du *Bt. Vectobac G* sur le stade L1 de *Culiseta longiareolata*:

La mortalité observée cumulée des larves traitées au *Bt. Vectobac* du L1 nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata* avec les concentrations de 5 à 25 µg/l, est mentionnée dans le tableau 49. Des taux mortalité qui varient de 77,33 % (5 µg/l) à 100 % (25 µg/l) ont

été constatés chez les séries traitées (Figure 77). L'analyse statistique à un seul critère de classification (Tableau 50) montre une différence très hautement significative ($p < 0,001$).

Tableau 49: Mortalité observée (%) des larves L1 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations; R: répétition; $m \pm SE$; $n = 75$); (Action cumulée).

R/C	Témoin	5 µg/l	7,5 µg/l	12,5 µg/l	25 µg/l
R1	04	76	88	95	100
R2	08	80	92	100	100
R3	00	76	85	90	100
m ± SE	4,00 ± 0,00	77,33 ± 2,30	88,33 ± 5,31	95,00 ± 5,00	100,00 ± 0,00

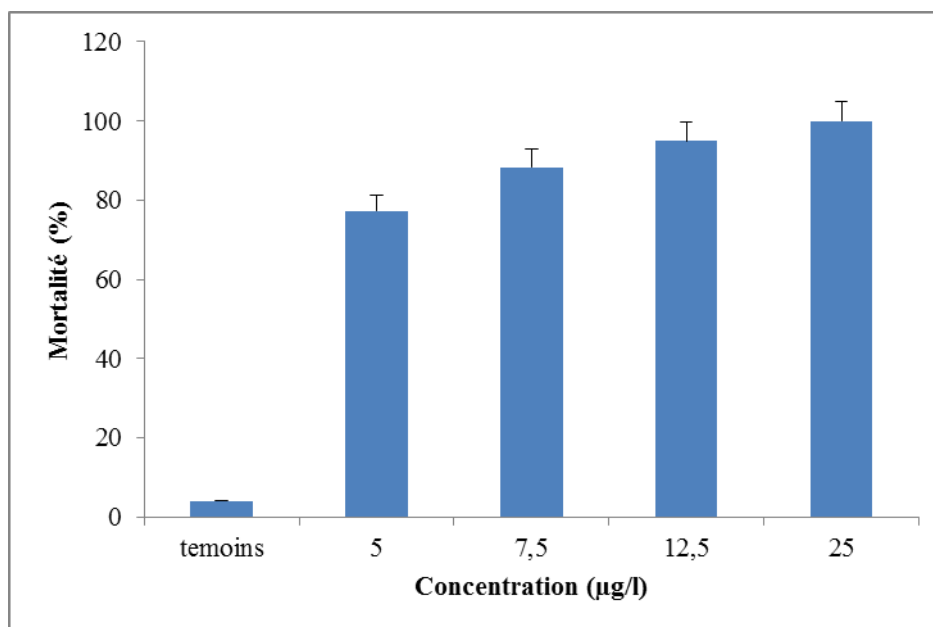


Figure 77: Mortalité observée (%) des larves L1 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* ; (Action cumulée).

Tableau 50: Analyse de la variance de données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L1 de *Culiseta longiareolata*; (Action cumulée).

Source	Ddl	SC	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	18683,6	4670,9	398,09	0,000 ***
Erreur	10	117,3	11,7		
Total	14	18800,9			

Le coefficient de détermination ($R^2 = 0,854$) indique une liaison positive forte entre les probits et l'algorithme des concentrations (Figure 78). Les concentrations létales CL_{50} et CL_{90} sont estimées de la droite de régression (Figure 78) avec les intervalles de confiances sont mentionnées dans le tableau 51. La concentration létale $CL_{50} = 4,21 \mu\text{g/l}$ avec des intervalles de confiances de 3,93 et 4,5 $\mu\text{g/l}$ et la $CL_{90} = 8,81 \mu\text{g/l}$ et des intervalles de confiances de 8,23 et 9,5 $\mu\text{g/l}$.

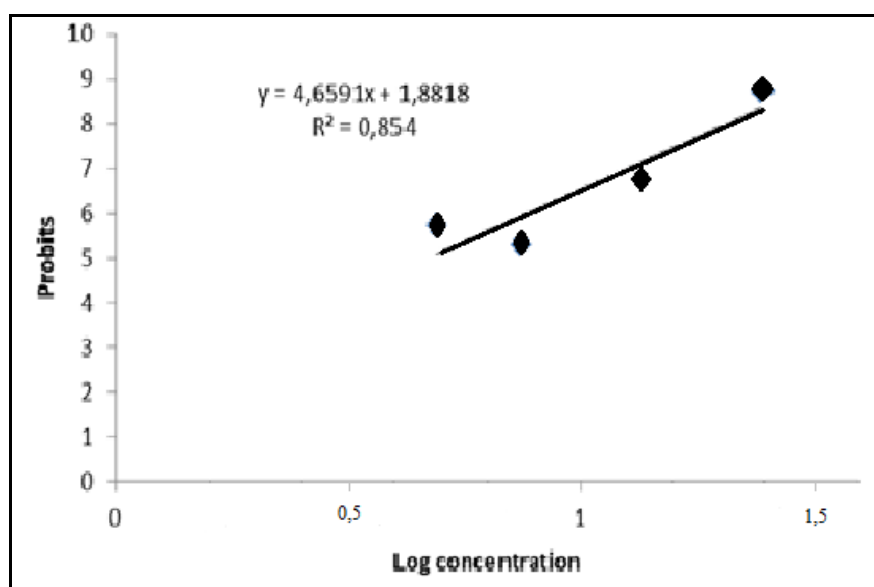


Figure 78: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L1 en fonction des logarithmes décimaux des concentrations (R^2 = Coefficient de détermination); (Action cumulée).

Tableau 51: Toxicité du *Bt. Vectobac G* à l'égard des larves L1 de *Culiseta longiareolata*; (Action cumulée).

Stade	Slope	CL_{50} ($\mu\text{g/l}$) Intervalle de confiance (95%)	CL_{90} ($\mu\text{g/l}$) Intervalle de confiance (95%)
L1	1,73	$3,93 < 4,21 < 4,5$	$8,23 < 8,81 < 9,50$

2.3. Action directe du *Bt. Vectobac G* sur le stade L2 de *Culiseta longiareolata*:

La mortalité observée du *Bt. vectobac G* appliqué sur les larves L2 nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata* avec les mêmes concentrations est mentionnée dans le tableau 52. Des taux variant de 4 % (5 $\mu\text{g/l}$) à 40 % (25 $\mu\text{g/l}$) ont été constatés chez les séries traitées (Figure

79). L'analyse statistique à un seul critère de classification (Tableau 53) montre une différence très hautement significative ($p < 0,001$).

Tableau 52: Mortalité observée (%) des larves L2 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations; R: répétition; $m \pm SE$; $n = 75$); (Action directe).

R/C	Témoin	5 $\mu\text{g/l}$	7,5 $\mu\text{g/l}$	12,5 $\mu\text{g/l}$	25 $\mu\text{g/l}$
R1	4	4	8	32	40
R2	0	12	8	28	44
R3	4	8	12	24	36
m $\pm$ SE	2,66 $\pm$ 2,30	8,00 $\pm$ 4,00	9,33 $\pm$ 2,30	28,00 $\pm$ 4,00	40,00 $\pm$ 4,00

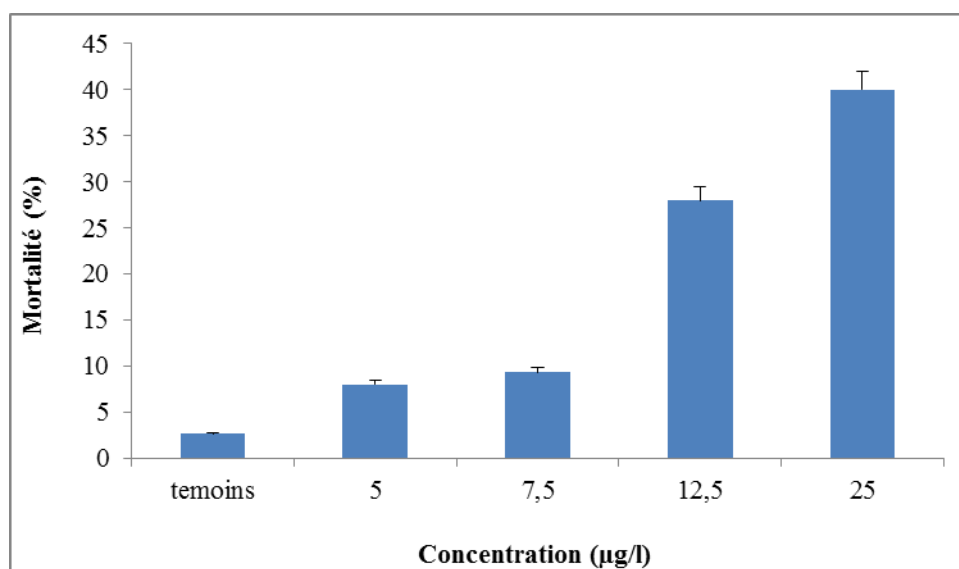


Figure 79: Mortalité observée (%) des larves L2 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G*; (Action directe).

Tableau 53: Analyse de la variance de données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L2 de *Culiseta longiareolata*; (Action directe).

Source	Ddl	SC	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	2980,3	745,1	63,50	0,000 ***
Erreur	10	117,3	11,7		
Total	14	3097,6			

Le coefficient de détermination ($R^2 = 0,991$) indique une liaison positive forte entre les probits et l'algorithme des concentrations (Figure 80). Les concentrations CL_{50} et CL_{90} sont révélées

à partir de l'analyse des probits des pourcentages des mortalités observées, et sont respectivement $CL_{50} = 27,12 \mu\text{g/l}$ avec un intervalle de confiance de 16,3 et 31,41 $\mu\text{g/l}$ et $CL_{90} = 47 \mu\text{g/l}$ avec un intervalle de confiance de 35,3 et 48,7 $\mu\text{g/l}$.

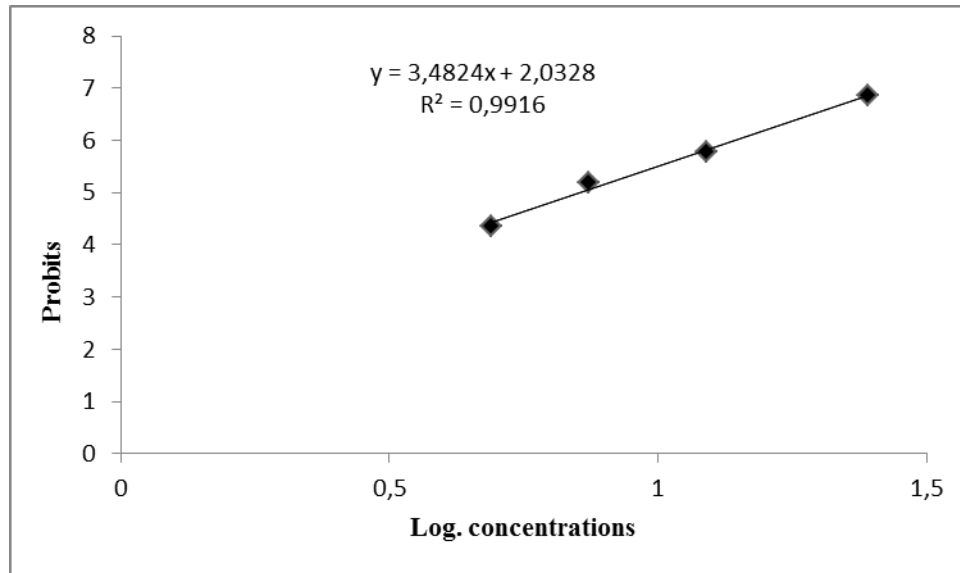


Figure 80: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L2 en fonction des logarithmes décimaux des concertations (R^2 = Coefficient de détermination); (Action directe).

Tableau 54: Toxicité du *Bt. Vectobac G* à l'égard des larves L2 de *Culiseta longiareolata*; (Action directe).

Stade	Slope	CL_{50} ($\mu\text{g/l}$) Intervalle de confiance (95%)	CL_{90} ($\mu\text{g/l}$) Intervalle de confiance (95%)
L2	1,72	$16,3 < 27,12 < 31,41$	$35,3 < 47 < 48,7$

3.2.4. Action cumulée du *Bt. Vectobac G* sur le stade L2 de *Culiseta longiareolata*:

La mortalité observée enregistrée jusqu'à l'émergence des adultes après traitement des larves L2 nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata* au *Bt. Vectobac G* appliqué avec les différentes concentrations est mentionnée dans le tableau 55. Des taux variant de 42,66 % (5 $\mu\text{g/l}$) à 97 % (25 $\mu\text{g/l}$) ont été constatés chez les séries traitées (Figure 81). L'analyse

statistique à un seul critère de classification (Tableau 56) montre une différence très hautement significative ($p < 0,001$).

Tableau 55: Mortalité observée (%) des larves L2 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations; R: répétition; $m \pm SE$; $n = 75$); (Action cumulée).

R/C	Témoin	5 µg/l	7,5 µg/l	12,5 µg/l	25 µg/l
R1	4	40	56	72	100
R2	0	40	56	88	95
R3	4	48	60	78	96
m ± SE	2,66 ± 2,36	42,66 ± 4,61	57,33 ± 2,30	79,33 ± 8,08	97 ± 7,64

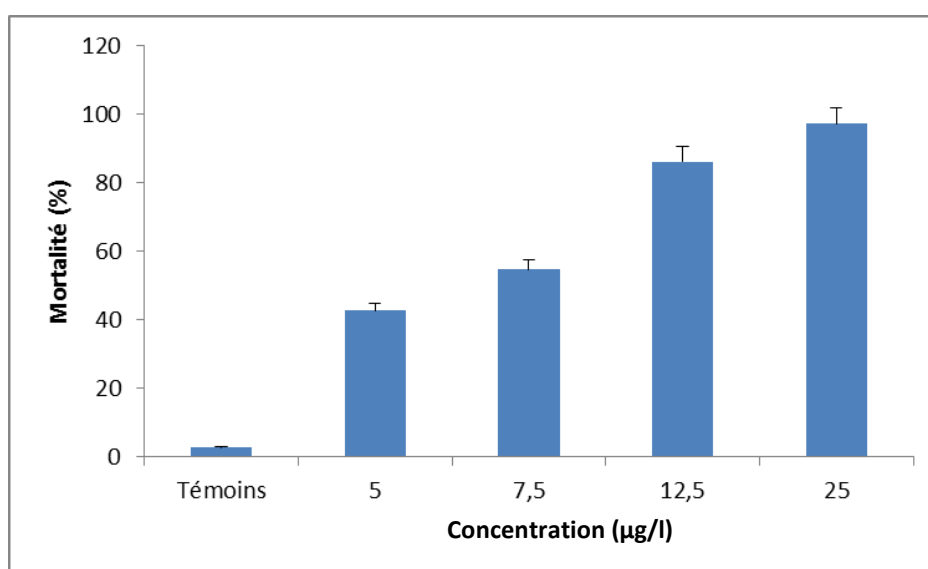


Figure 81: Mortalité observée (%) des larves L2 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G*; (Action cumulée).

Tableau 56: Analyse de la variance de données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L2 de *Culiseta longiareolata*; (Action cumulée).

Source	Ddl	SC	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	15747,7	3936,9	188,67	0,000 ***
Erreur	10	208,7	20,9		
Total	14	15956,4			

Le coefficient de détermination ($R^2 = 0,9084$) indique une liaison positive forte entre les probits et l'algorithme des concentrations (Figure 82). Les concentrations CL_{50} et CL_{90} sont révélées à partir de l'analyse des probits des pourcentages des mortalités observées, et sont

respectivement 7,12 µg/l avec un intervalle de confiance de 6,30 et 8,04 µg/l et 17 µg/l avec un intervalle de confiance de 16 et 19,73 µg/l (Tableau 57).

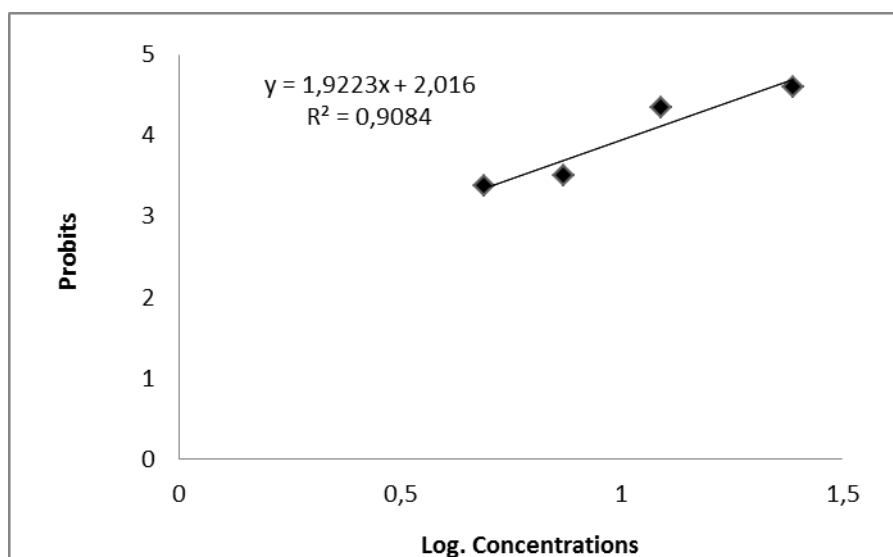


Figure 82: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L2 en fonction des logarithmes décimaux des concertations (R^2 =Coefficient de détermination); (Action cumulée).

Tableau 57: Toxicité du *Bt. Vectobac G* à l'égard des larves L2 de *Culiseta longiareolata*; (Action cumulée).

Stade	Slope	CL ₅₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL ₉₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)
L2	1,39	6,30 < 7,12 < 8,04	16,0 < 17 < 19,73

3.2.5. Action directe du *Bt. Vectobac G* sur le stade L3 de *Culiseta longiareolata*:

L'action toxique du *Bt. Vectobac G* a été étudié sur les larves du troisième stade nouvellement exuvies de *Culiseta longiareolata* avec les concentrations 5, 7,5, 12,5 et 25 µg/l. Le tableau 58 présente le taux de mortalité observée durant le stade qui augmente en fonction des concentrations chez les séries traitées, le taux le plus élevé est enregistré chez la concentration 25 µg/l avec 24 % et le plus faible chez 5 µg/l avec 5,33 % avec une relation concentration réponse (Figure 83). La transformation angulaire a permet d'effectuer une analyse de la variance à un seul critère de classification qui fait connaître un effet concentration hautement significatif ($p < 0,001$) (Tableau 59).

Tableau 58: Mortalité observée (%) des larves L3 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations; R: répétition; $m \pm SE$; $n = 75$); (Action directe).

R/C	Témoin	5 $\mu\text{g/l}$	7,5 $\mu\text{g/l}$	12,5 $\mu\text{g/l}$	25 $\mu\text{g/l}$
R1	0	08	12	20	20
R2	0	04	08	12	24
R3	0	04	16	16	28
m $\pm$ SE	0,00 $\pm$ 0,00	05,33 $\pm$ 2,30	12,00 $\pm$ 4,00	16,00 $\pm$ 4,00	24,00 $\pm$ 4,00

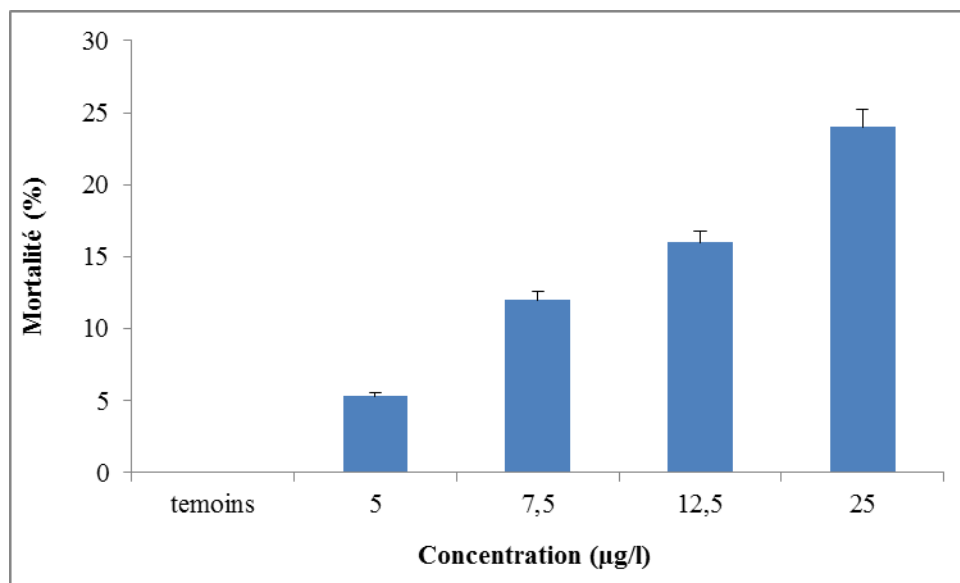


Figure 83: Mortalité observée (%) des larves L3 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G*; (Action directe).

Tableau 59: Analyse de la variance de données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L3 de *Culiseta longiareolata*; (Action directe).

Source	Ddl	SC	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	1041,1	260,3	24,40	0,000 ***
Erreur	10	106,7	10,7		
Total	14	1147,7			

Le coefficient de détermination ($R^2 = 0,9371$) de la droite de régression, tracer après une transformation en probits des mortalités observées et en logarithme décimal les concentrations testées, indique une liaison positive très forte (Figure 84). Les CL_{50} et CL_{90} , révélées à partir de l'analyse des probits sont respectivement 37,70 $\mu\text{g/l}$ avec un intervalle de confiance

de 16,4 et 20,94 µg/l et 47,74 µg/l avec un intervalle de confiance de 61,60 et 97,80 µg/l (Tableau 60).

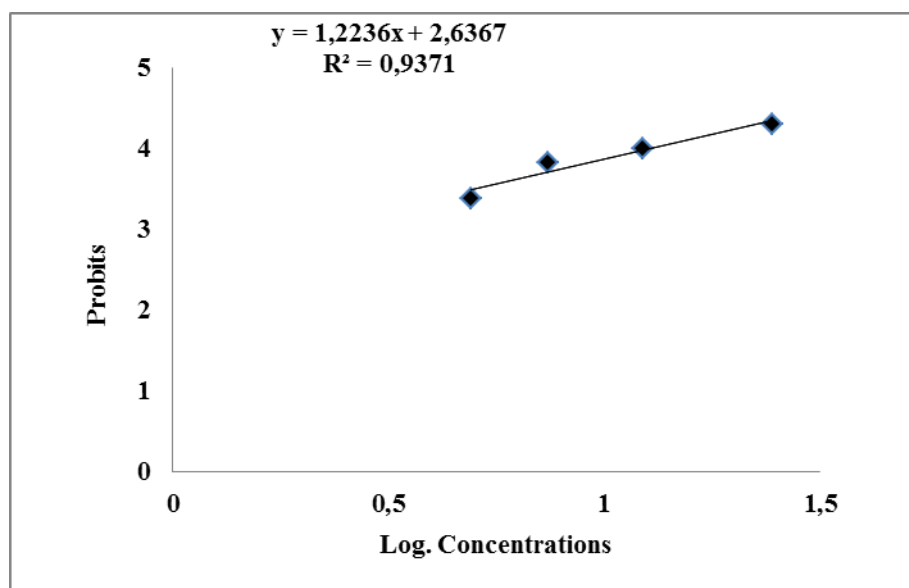


Figure 84: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L3 en fonction des logarithmes décimaux des concertations (R^2 = Coefficient de détermination); (Action directe).

Tableau 60: Toxicité du Vectobac G à l'égard des larves L3 de *Culiseta longiareolata*; (Action directe). 97.80 < 77.62 < 61.60 µg/L

Stade	Slope	CL ₅₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL ₉₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)
L3	1,42	20,94 < 37,70 < 47,74	61,60 < 76,21 < 97,80

3.2.6. Action cumulée du Bt. Vectobac G sur le stade L3 de *Culiseta longiareolata*:

Le traitement des larves du troisième stade nouvellement exuviées de *Culiseta longiareolata* au Bt. vectobac G a été effectué avec les concentrations 5 ; 7,5 ; 12,5 et 25 µg/l. Le taux de mortalité observée est présenté dans le tableau 61 et la figure 85, qui augmente en fonction des concentrations qui varie entre 21, 33 % pour la faible concentration et 80 % pour la concentration la plus forte. Les résultats d'une analyse de la variance, réalisée après une

transformation angulaire, indiquent qu'il existe un effet concentration hautement significatif ($p < 0,001$) (Tableau 62).

Tableau 61: Mortalité observée (%) des larves L3 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations; R: répétition; $m \pm SE$; $n = 75$); (Action cumulée).

R/C	Témoin	5 µg/l	7,5 µg/l	12,5 µg/l	25 µg/l
R1	4	20	36	52	80
R2	0	20	28	60	84
R3	0	24	32	56	76
m ± SE	1,33 ± 2,30	21,33 ± 2,30	32,00 ± 4,00	56,00 ± 4,00	80,00 ± 4,00

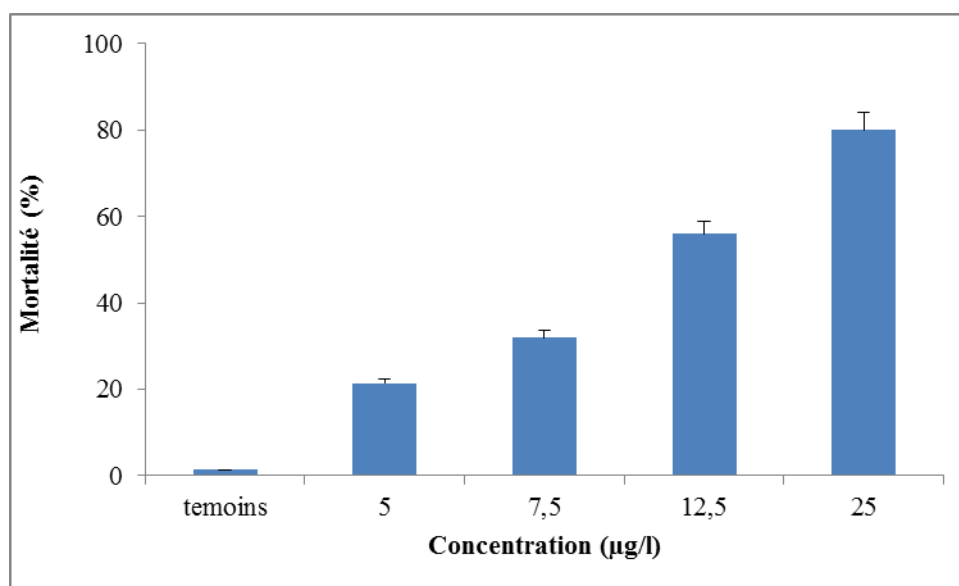


Figure 85: Mortalité observée (%) des larves L3 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G*; (Action cumulée).

Tableau 62: Analyse de la variance de données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L3 de *Culiseta longiareolata*; (Action cumulée).

Source	Ddl	SC	CM	F. Obs	P
Factorielle	4	11238,4	2809,6	239,45	0,000 ***
Erreur	10	117,3	11,7		
Total	14	11355,7			

Le coefficient de détermination ($R^2 = 0,996$) de la droite de régression révèle une liaison positive très forte entre les probits et le logarithme décimal des concentrations (Figure 86). Les CL_{50} et CL_{90} estimées sont respectivement 11,31 µg/l avec un intervalle de

confiance de 10 à 14,16 µg/l et 37,70 µg/l avec un intervalle de confiance de 32,36 à 45,82 µg/l.

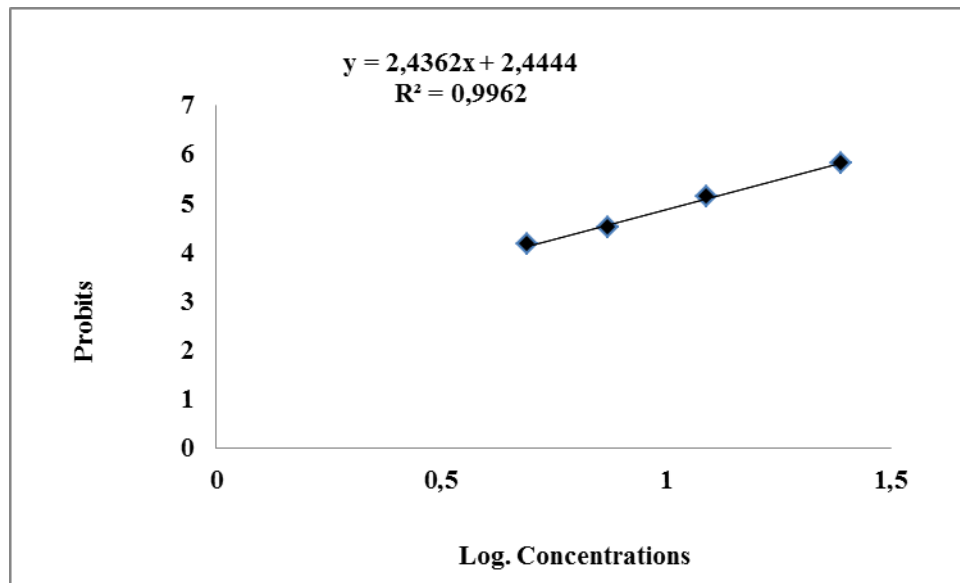


Figure 86: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L3 en fonction des logarithmes décimaux des concertations (R^2 = Coefficient de détermination); (Action cumulée).

Tableau 63: Toxicité du Vectobac G à l'égard des larves L3 de *Culiseta longiareolata*; (Action cumulée).

Stade	Slope	CL ₅₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL ₉₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)
L3	1,62	10 < 11,31 < 14,16	32,36 < 37,70 < 45,82

3.2.7. Action directe du *Bt. Vectobac G* sur le stade L4 de *Culiseta longiareolata*:

L'étude toxicologique de l'efficacité du *Bt. vectobac G* a été faite sur les larves du quatrième stade de l'espèce de moustique *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuvies avec les mêmes concentrations 5 à 25 µg/l. Selon le tableau 64 et la figure 87 le taux de mortalité observée est de l'ordre 6,66 % chez la concentration 5 µg/l et augmente chez la concentration 25 µg/l avec 24 %. Les taux de mortalité corrigée subissent par la suite une transformation angulaire et font l'objet d'une analyse de la variance à un seul critère de classification ou un effet concentration très hautement significatif ($p < 0,000$) a été constaté (Tableau 65).

Tableau 64: Mortalité observée (%) des larves L4 de *Culiseta longiareolata* nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations, R: répétition, $m \pm SE$, $n = 75$); (Action directe).

R/C	Témoin	5 µg/l	7,5 µg/l	12,5 µg/l	25 µg/l
R1	4	8	18	20	28
R2	0	4	16	24	20
R3	0	8	8	18	24
m $\pm$ SE	1,33 $\pm$ 2,30	6,66 $\pm$ 2,30	14,00 $\pm$ 5,29	20,66 $\pm$ 3,05	24,00 $\pm$ 4,00

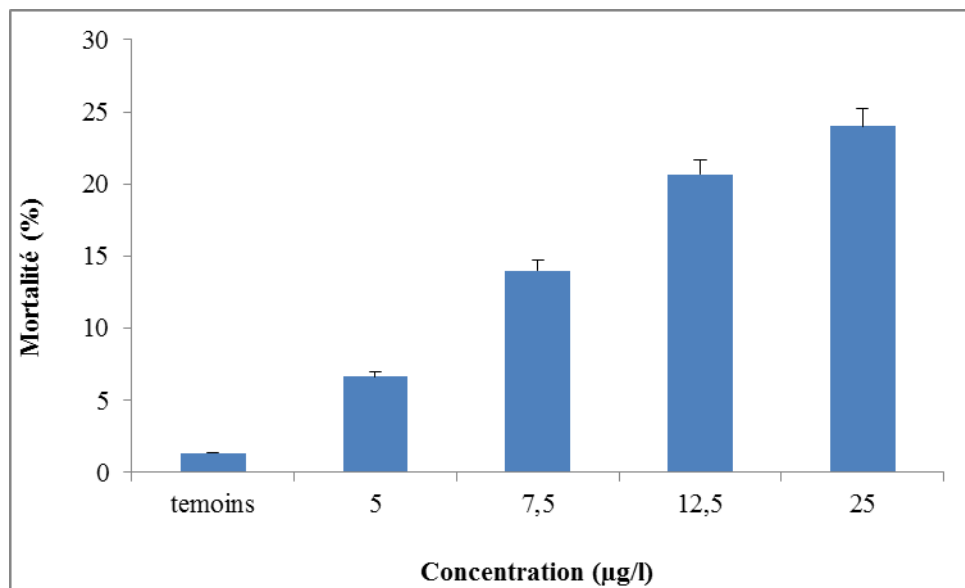


Figure 87: Mortalité observée (%) des larves L4 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G*; (Action directe).

Tableau 65: Analyse de la variance des données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L4 de *Culiseta longiareolata*; (Action directe).

Source	Ddl	SC	C M	F.obs	P
Factorielle	4	1069,3	267,3	20,89	0.000 ***
Erreur	10	128,0	12,8		
Total	14	1197,3			

La droite de régression dont le coefficient de corrélation ($R^2 = 0,9962$) exprime une liaison positive entre les probits et le logarithme décimal des concentrations (Figure 88), a permis de calculer les concentrations létales CL_{50} et CL_{90} qui sont respectivement $CL_{50} =$

33,98 µg/l avec un intervalle de confiance de 21,15 et 43,6 µg/l et CL₉₀= 79,43 µg/l avec un intervalle de confiance de 60,63 et 104,05 µg/l (Tableau 66).

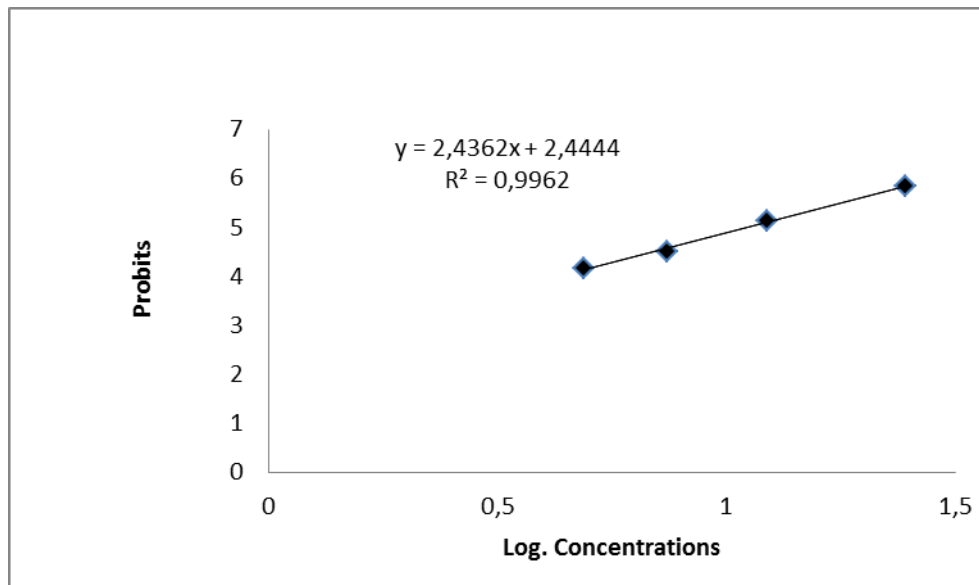


Figure 88: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée des larves L4 en fonction des logarithmes décimaux des concertations (R^2 = Coefficient de détermination); (Action directe).

Tableau 66: Toxicité du Vectobac G à l'égard des larves L4 de *Culiseta longiareolata*; (Action directe).

Stade	Slope	CL ₅₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL ₉₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)
L4	1,56	21,15 < 33,98 < 43,6	60,63 < 79,43 < 104,05

3.2.8. Action cumulée du *Bt. Vectobac G* sur le stade L4 de *Culiseta longiareolata*:

L'effet toxique du *Bt. Vectobac G* a été évalué sur les larves du quatrième stade nouvellement exuvies de *Culiseta longiareolata*, avec les concentrations 5; 7,5; 12,5 et 25 µg/l. Le taux de mortalité observée est présenté dans le tableau 67, qui augmente aux fonctions des concentrations (Figure 89) dont le taux le plus élevé est enregistré chez la concentration 25 µg/l avec 60 % et le taux le plus faible chez 5 µg/l avec 16 %. Les résultats d'une analyse de la variance, réalisé après une transformation angulaire des taux de mortalité corrigée signifient qu'il existe un effet concentration hautement significatif ($p < 0,000$) (Tableau 68).

Tableau 67: Mortalité observée (%) des larves L4 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G* (C: concentrations, R: répétition, $m \pm SE$, $n=75$); (Action cumulée).

R/C	Témoins	5 $\mu\text{g/l}$	7,5 $\mu\text{g/l}$	12,5 $\mu\text{g/l}$	25 $\mu\text{g/l}$
R1	04	18	32	52	64
R2	04	18	28	52	60
R3	00	12	28	50	56
m $\pm$ SE	2,66 $\pm$ 2,30	16 $\pm$ 3,46	29,33 $\pm$ 2,30	51,33 $\pm$ 1,15	60 $\pm$ 4

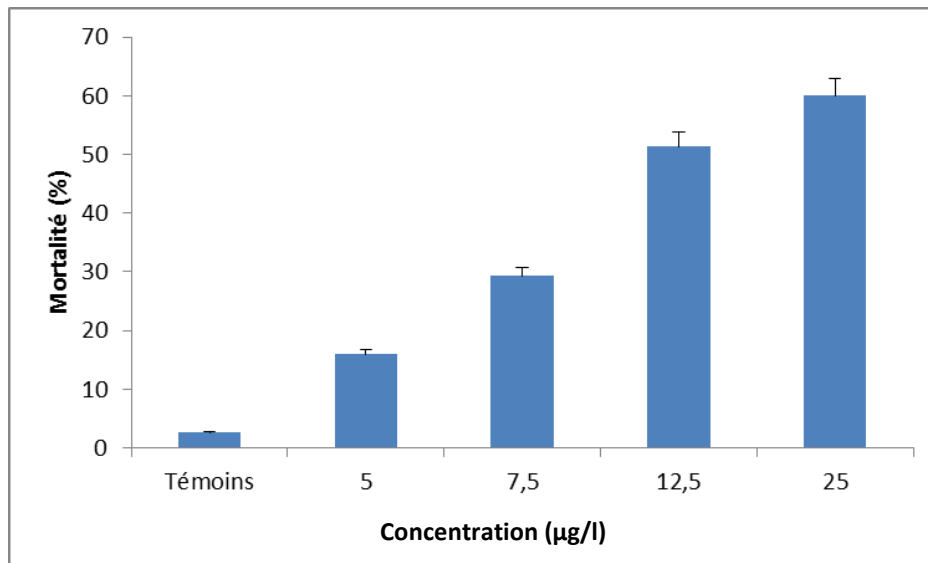


Figure 89: Mortalité observée (%) des larves L4 de *Culiseta longiareolata*, nouvellement exuviées, après traitement par les différentes concentrations du *Bt. Vectobac G*; (Action cumulée).

Tableau 68: Analyse de la variance des données transformées lors du traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L4 de *Culiseta longiareolata*; (Action cumulée).

Source	DL	SC	C M	F. Obs	P
Factorielle	4	6843,73	1710,93	213,87	0,000 ***
Erreur	10	80,00	8,00		
Total	14	6923,73			

Après une analyse des probits la droite de régression, avec un coefficient de détermination ($R^2 = 0,859$) (Figure 90), a permis d'estimer les concentrations létales CL_{50} et CL_{90} qui sont respectivement $CL_{50} = 23,98 \mu\text{g/l}$ avec un intervalle de confiance de 21,5 et 33,6 $\mu\text{g/l}$ et $CL_{90} = 73,31 \mu\text{g/l}$ avec un intervalle de confiance de 55,7 et 103,7 $\mu\text{g/l}$ (Tableau 69).

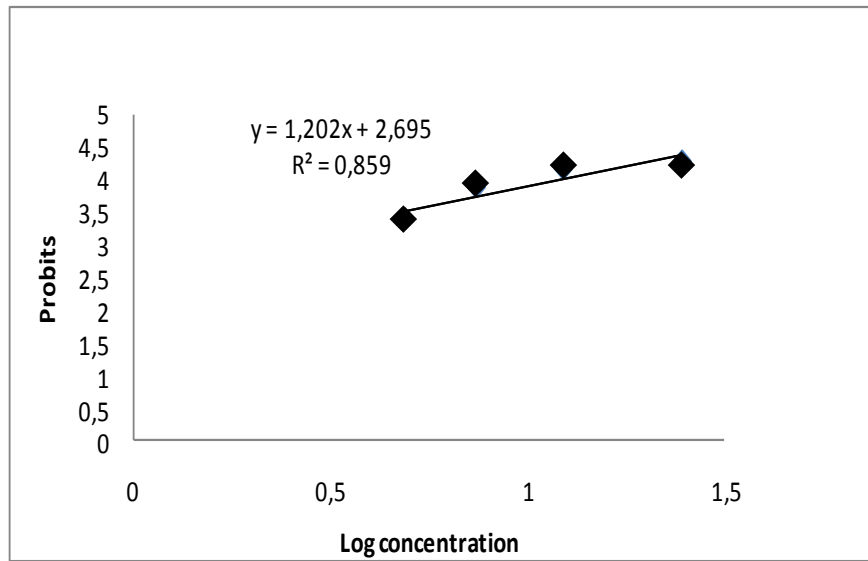


Figure 90: La droite de régression des probits des moyennes de mortalité corrigée en fonction des logarithmes décimaux des concertations (R^2 = Coefficient de détermination); (Action cumulée).

Tableau 69: Toxicité du *Bt. Vectobac G* à l'égard des larves L4 de *Culiseta longiareolata*; (Action cumulée).

Stade	Slope	CL ₅₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)	CL ₉₀ (µg/l) Intervalle de confiance (95%)
L4	1,5	21,5 < 23,98 < 33,6	55,7 < 73,31 < 103,7

3.3. Effet du *Bt. Vectobac G* sur le développement de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*:

L'évaluation de l'effet du *Bt. Vectobac G* sur le développement de *Culex pipiens* ainsi que *Culiseta longiareolata* a été réalisée sur les différents stades de développement larvaires de (L1, L2, L3 et L4) deux espèces, en étudiant son action directe ; par l'estimation de la durée du stade traité du premier jour d'exuviation jusqu'à la mue.

3.3.1. Effet du *Bt. Vectobac G* sur la durée de développement de *Culex pipiens*:

L'effet de ce produit, *Bt. Vectobac G*, a été évalué sur la durée de développement des différents stades de *Culex pipiens* (Tableau 70). L'action directe de cette molécule sur la durée des stades larvaires est estimée de leur 1^{er} jour d'exuviation jusqu'à la mue complète du

stade traité. La durée de développement des larves témoins ne se diffère pas significativement des séries traitées.

Tableau 70: Durée (j) de développement larvaire de *Culex pipiens*, après traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L1, L2, L3 et L4 nouvellement exuviées (n= 20: 60) (P>0,05 = différence non significative).

Stades Concentrations	L1	L2	L3	L4
Témoins	3,97 ± 1,15	3,86 ± 0,68	4,63 ± 0,57	6,76 ± 0,57
5 µg/l	3,66 ± 0,81	3,00 ± 1,00	5,01 ± 1,87	7,26 ± 2,57
7,5 µg/l	3,20 ± 1,55	3,69 ± 0,57	4,83 ± 0,57	6,88 ± 1,70
12,5 µg/l	3,66 ± 0,57	3,30 ± 1,00	4,66 ± 0,57	6,50 ± 0,70
25 µg/l	3,55 ± 0,57	3,66 ± 0,57	4,66 ± 1,15	6,33 ± 0,57

3.3.2. Effet du *Bt. Vectobac G* sur la durée de développement de *Culiseta longiareolata*:

L'activité du *Bt. Vectobac G*, a été évaluée sur la durée de développement des différents stades larvaires de *Culiseta longiareolata* (Tableau 71) après traitement aux différentes concentrations, durant les essais toxicologiques. L'action directe de cette molécule sur la durée des stades larvaires ne présente aucun effet significatif (P>0,05) pour tous les stades de développement.

Tableau 71: Durée (j) de développement larvaire de *Culiseta longiareolata*, après traitement au *Bt. Vectobac G* des larves L1, L2, L3 et L4 nouvellement exuviées (n= 20-60) (P>0,05 = différence non significative).

Stades Concentrations	L1	L2	L3	L4
Témoins	3,00 ± 0,00	3,86 ± 0,68	4,33 ± 0,57	6,66 ± 0,57
5 µg/l	3,33 ± 0,00	3,97 ± 1,15	4,66 ± 1,57	6,96 ± 1,57
7,5 µg/l	3,33 ± 0,00	4,00 ± 1,00	5,00 ± 0,33	7,00 ± 1,86
12,5 µg/l	3,69 ± 0,57	4,66 ± 0,57	5,33 ± 0,57	6,33 ± 0,57
25 µg/l	3,97 ± 1,15	4,86 ± 1,00	5,66 ± 0,57	6,26 ± 0,57

3.4. Longévité des stades de développement; après traitement des larves L4 de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* :

Le tableau 72 montre l'effet de *Bt. Vectobac G* sur la longévité des adultes des différents stades de développement *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* sous l'action des concentrations létales (CL_{50} et CL_{90}). L'exposition des larves du quatrième stade des deux espèces ne montre aucun effet sur la longévité, par contre l'effet marquant a été enregistré chez la CL_{90} . L'application du *Bt. Vectobac G* à différentes concentrations (CL_{50} et CL_{90}) ne provoque aucun effet sur la longévité des nymphes. Tandis que la longévité des adultes chez les deux espèces a été diminuée considérablement sous l'effet du *Bt. Vectobac G*. La longévité réduit jusqu'à 30 jours chez la $CL_{50} = 16,21 \mu\text{g/l}$ et 27 jours chez la $CL_{90} = 75,85 \mu\text{g/l}$ chez *Culex pipiens*. Chez l'espèce *Culiseta longiareolata* la durée marque une réduction significative de 29 jours chez la $LC_{50} = 23,98 \mu\text{g/l}$ et de 23 jours chez la $CL_{90} = 73,31 \mu\text{g/l}$, comparativement aux témoins avec une longévité de 32 jours.

Tableau 72: Effet du *Bt. Vectobac G* sur la longévité des stades de développement; après traitement des larves L4 de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*, avec les concentrations létales (CL_{50} & CL_{90}). Moyenne suivie par la même lettre indique une différence significative ($P < 0,05$). (n= 25-75).

Longévité des stades de développement (jour)						
Stade	<i>Culex pipiens</i>			<i>Culiseta longiareolata</i>		
	Témoin	$CL_{50} = 16,21 \mu\text{g/l}$	$CL_{90} = 75,85 \mu\text{g/l}$	Témoin	$CL_{50} = 23,98 \mu\text{g/l}$	$CL_{90} = 73,31 \mu\text{g/l}$
L4	6,50 ^a	6,80 ^b	7,33 ^a	5,66 ^a	6 ^{ab}	6,16 ^b
Nymphe	3,53 ^a	3,43 ^{ab}	3,43 ^b	3,30 ^a	3,33 ^{ab}	3,43 ^b
Adulte	38,33 ^{ab}	30,53 ^{ab}	27,5 ^{ab}	32 ^{ab}	29 ^{ab}	23,53 ^{ab}

3.5. Effet du *Bt. Vectobac G* sur le potentiel de reproduction de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*.

Le traitement appliqué sur les larves du quatrième stade nouvellement éxuvées, consiste à évaluer les différents effets du *Bt. Vectobac G* sur le potentiel de reproduction, chez deux espèces de moustiques : *Culex pipiens* (agent de nuisance) et *Culiseta longiareolata* (l'espèce la plus abondante dans la région de Tébessa et vectrice du paludisme aviaire).

3.5.1. Effet du *Bt. Vectobac G* sur le potentiel de la reproduction de *Culex pipiens* après traitement des larves de L4:

Les résultats des paramètres du potentiel reproducteur, après traitement des L4 de *Culex pipiens* au *Bt. Vectobac G* sont mentionnées dans le tableau 73. Le nombre des œufs pondus des femelles témoins est estimé de 1332 œufs, tandis que chez les femelles émergées des larves exposées à la $CL_{50} = 16,21 \mu\text{g/l}$ et la $CL_{90} = 75,85 \mu\text{g/l}$ ce nombre est diminué enregistrant des valeurs de 988 et 696 œufs pondus respectivement (Tableau 73). En outre, une différence significative ($P > 0,05$) dans le pourcentage d'éclosion a été remarqué chez les séries traitées comparativement aux témoins (Tableau 73).

Tableau 73: Effet du *Bt. Vectobac G* sur les paramètres du potentiel reproducteur après traitements des larves L4 de *Culex pipiens* (n= 20 femelles, durée= 30j).

Traitement	N ^{bre} oeufs pondus	Eclosion (%)	Fécondité (%)
Témoin	1332 ^a	96,84 ^a	66,6 ^a
$CL_{50} = 16,21 \mu\text{g/l}$	988 ^{ab}	75,40 ^{ab}	49,4 ^{ab}
$CL_{90} = 75,85 \mu\text{g/l}$	696 ^{ab}	55,02 ^{ab}	34,8 ^{ab}

3.5.2. Effet du *Bacillus* sur le potentiel de la reproduction de *Culiseta longiareolata*, après traitement des larves de L4:

Les résultats du traitement des larves de L4 de *Culiseta longiareolata* par le *Bt. Vectobac G* sont mentionnés dans le tableau 76. La $CL_{50} = 23,98 \mu\text{g/l}$ induit une ponte de 398 œufs et 322 œufs chez la $CL_{90} = 73,31 \mu\text{g/l}$, contrairement aux témoins dont le nombre atteint 455 œufs. Le pourcentage d'éclosion présente une différence significative entre les séries exposées au *Bt. Vectobac G* et les séries témoins ($P > 0,05$).

Tableau 75: Effet du *Bt. Vectobac G* sur les paramètres du potentiel reproducteur après traitements des larves L4 de *Culiseta longiareolata* (n = 20 femelles, durée = 30j) ($P > 0,05$: différence non significative).

Traitement	Nbre oeufs pondus	Eclosion (%)	Fécondité (%)
Control	1675 ^a	97,41 ^a	83,75 ^a
$CL_{50} = 23,98 \mu\text{g/l}$	1521 ^{ab}	81,93 ^{ab}	75,05 ^{ab}
$CL_{90} = 73,31 \mu\text{g/l}$	1210 ^{ab}	59,92 ^{ab}	60,50 ^{ab}

4. DISCUSSION:

La lutte contre les moustiques est une pratique vitale et essentielle pour la santé publique dans le monde entier et particulièrement dans les régions tropiques où beaucoup de maladies, transmissibles par les moustiques, sont en émergence. Dans les programmes actuels de lutte contre ces vecteurs; en raison de l'augmentation rapide de la résistance des espèces et de la préoccupation publique de la croissance de la pollution environnementale; l'utilisation des insecticides chimiques pour le contrôle de moustique n'est plus encouragée; plutôt l'utilisation d'autres alternatives efficaces et qui respectent l'environnement sont favorisées.

Culex pipiens et *Culiseta longiareolata* sont les espèces les plus abondantes dans la région d'étude. Ils présentent un intérêt majeur en termes de santé publique et économique, en raison de leur forte nuisance que connaissent la majorité des zones urbaines et la transmission des maladies. L'activité d'une formulation commerciale du *Bacillus thuringiensis* Vectobac G a été évaluée, sous les conditions de laboratoire, à l'égard des deux espèces de moustiques les plus abondantes *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*.

Un grand nombre de travaux a été destiné pour l'évaluation des effets toxicologiques des produits commerciaux du *Bacillus thuringiensis* sur plusieurs espèces de moustiques (Boudjelida *et al.*, 2008). Certaines formulations du *Bacillus thuringiensis* ont été développées comme des larvicides et sont déjà commercialisées et appliquées dans les champs (Croft & Flexner, 1991). Le *Bacillus thuringiensis* ssp *israelensis* (*Bti*) est l'un des bio-larvicides bactériens, qui présente une alternative prometteuse pour lutter contre plusieurs espèces de moustique (Ignoffo *et al.*, 1981; Ali *et al.*, 1984; De Barjac & Sutherland, 1990).

Bacillus thuringiensis ssp *israelensis* synthétise un produit para-sporal sphérique, composé de quatre protéines de toxine, Cyt1Aa, Cry47Aa, Cry4Ba, et cry11Aa (Frederic *et al.*, 1990; Ibarra & Frederic, 1986). Le composant insecticide primaire du *Bacillus sphaericus* utilisée dans des opérations de contrôle de moustique est une toxine binaire. Beaucoup d'études ont montré que l'intestin moyen des larves de moustique est la première cible de la toxine et provoque la mort des larves (Whalon & Mcgaughey, 1998). Les caractéristiques d'efficacité et de sécurité de cet agent bactérien ont encouragées sa production et le soumettre à des essais sur le terrain à grande échelle. Il a été reporté que les moustiques ne présentent aucun développement de résistance au *Bacillus sphaericus* (Rao *et al.*, 1995; Nielsen-Leroux *et al.*, 1995).

Les essais toxicologiques menés au laboratoire sur les larves de *C. pipiens* and *Cs. longiareolata* Montrent que *Bt. Vectobac G* présente une activité larvicidaire après 24h contre les larves nouvellement exuviées. Les différents stades larvaires des mêmes espèces ont montrés la même sensibilité après traitement avec autre formulation de *Bt* le Vectobac WDG avec une relation dose-réponse (Boudjelida *et al.*, 2008). Les mêmes effets sont démontrés lors d'une application du *Bacillus sphaericus* contre *Anopheles stephensi* (Naresh-kumar *et al.*, 2013) et *Bacillus thuringiensis* type Biocol à l'égard des larves de *Culex pipiens* et d'*Aedes geniculatus* (Damiens *et al.*, 2011) . Le présent travail montre que les larves de moustiques testés étaient extrêmement sensibles au *Bacillus thuringiensis* Vectobac G, avec une sensibilité supérieure chez l'espèce *Culiseta longiareolata*. Pour les quelques larves qui ont survécus du stade traité le sort de la mortalité est enregistrée durant les stades de développement suivants jusqu'à l'émergence des adultes. Beaucoup de facteurs pourraient influencer des effets tardifs, y compris la génétique, le nombre de bactéries ingérées, le degré d'infection de l'intestin moyen des larves, et le mode d'action de la toxine utilisée (Wei *et al.*, 2006; Boudjelida *et al.*, 2008). Toutefois quelques larvaires peuvent survivre du traitement et restaurent les dégénérescences provoqués par la toxine, développent une résistance et terminent leur développement normale. Des travaux antérieurs ont rapportés que quelques composants de toxine s'attachent à une classe unique de récepteurs spécifiques présents dans l'intestin moyen des larves, provoquant une formation de pores dans la membrane des cellules épithéliales (Silva-Filha *et al.*, 1997) et puis induisant la mort des larves. Cependant, d'autres toxines agissent en modifiant une grande classe de protéines par une ADP-ribosylation. Ces protéines modifiées, étant essentiel pour la croissance peuvent affecter plus tard le développement, ayant comme conséquence une émergence anormale ou la mort (Schimer *et al.*, 2002; Valaitis, 2008).

Les espèces de moustiques présentent différents niveaux de sensibilité aux cristaux de *Bti* en général, les larves de *Culiseta longiareolata* sont les plus sensibles, au *Bt Vectobac G*. Généralement, chez la plupart des espèces de moustiques étudiées, les larves les plus jeunes sont plus susceptibles que les plus âgées. En vieillissant, les larves deviennent significativement moins sensibles à la même quantité de cristaux de *Bti*, et en constat que les larves du stade L2 sont 1,5 à 5 fois plus sensible que des larves de stade L4 (Mulla *et al.*, 1984). La sensibilité des larves de moustiques au *Bacillus thuringiensis* sérotype H 14 varie selon l'âge, c'est-à-dire que plus les larves sont jeunes plus elles sont sensibles à la toxine du *Bacillus* (Barjac, 1978). Les larves de stade L4 ne se nourrissent que très peu, car elles

commencent la nymphose. Les nymphes sont totalement insensibles aux cristaux de *Bt. Vectobac G* puisqu'elles ne s'alimentent pas. La différence de sensibilité, aussi est présente à l'intérieur du genre de moustique (genres : *Culex*, *Aedes*, *Ochlerotatus* ou *Anopheles*), serait causée par des variations comportementales (Aly *et al.*, 1988) et physiologiques des différentes espèces, mais elle reste clairement reliée au type des cristaux de *Bacillus* dans le milieu (Aly & Mulla, 1986; Mulla *et al.*, 1984). Des tests de toxicité avec le *Bacillus* effectués sur *Ae. aegypti* révèlent une moindre sensibilité de cette espèce, à celle obtenue sur *Cx. pipiens* et *An. stephensi* (Karch, 1984). Par exemple, les larves de *Culex* et d'*Aedes* se nourrissent activement et puisque les cristaux de *Bti* sédimentent lentement, ces larves sont donc en position d'ingérer une quantité létale de cristaux durant cette période. Une formulation adéquate peut cependant modifier cette sensibilité relative. Bien qu'une différence au type et au nombre de récepteurs, au niveau des cellules épithéliales de l'intestin moyen, puisse exister entre les diverses espèces de moustiques (Becker & Ludwig, 1993), le comportement alimentaire, la façon dont les différentes espèces de moustiques s'alimentent, serait l'une des causes principales des variations de sensibilité enregistrées. Des études ont montrés que la position de la larve dans l'eau serait l'une aussi des causes de ces variations de sensibilité, à titre d'exemple les larves d'*Anopheles* ingèrent 10 fois moins de nourriture par unité de temps que les larves d'*Aedes* (Mahmood, 1998).

La durée de développement de chaque stade dépend de la température, la nourriture et d'autres facteurs xénobiotiques comme les insecticides qui entraînent une perturbation de la durée de développement pour la plus part des insectes et spécialement les moustiques. Le traitement des larves L4 de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*, par le *Bt. Vectobac G* n'affecte pas la durée de développement des deux espèces de moustiques. D'autres produits chimiques comme les régulateurs de croissances (I.G.Rs) inhibent le développement par la réduction de la durée de développement des larves L4 de *Culex pipiens* avec une relation dose-réponse et aucun effet aussi n'a été enregistré chez les nymphes de l'espèce (Djeghader *et al.*, 2014). De même le RH-0345 (Boudjelida *et al.*, 2005) l'Alsystine (Rehimi & Soltani, 1999) réduits significativement la durée larvaire et n'affecte pas la durée de développement du stade nymphal de *Culex pipiens*. L'application du *Bti* sur des larves d'*Ae. Albopictus* perturbe le rôle et la structure l'épithélium de l'intestin moyen, en conséquence l'assimilation des nutriments larves exposées est affectée et conduit à une mortalité des larves, pupes ou adultes, après une résistance expliquée par une augmentation de la période de développement (wang & Jaal, 2005).

Toutes ses données confirment les résultats de la présente étude, qui montre que le traitement, avec les concentrations létales (CL_{50} et CL_{90}) du *Bacillus thuringiensis* Vectobac G, les larves des deux espèces *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* réduit significativement la durée du développement larvaire, mais pas la durée nymphale.

Les adultes émergés des larves traitées des espèces *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata* étaient morphologiquement normaux mais ont montré une grande réduction de leur fécondité estimée par la réduction des paramètres du potentiel reproducteur (le nombre d'œufs pondus, le nombre d'œufs éclos, pourcentage d'éclosion), comparativement aux témoins. Les mêmes résultats ont été mentionnés quand le *Bacillus sphaericus* a été utilisé contre le vecteur de malaria *Anopheles stephensi* (kumar *et al.*, 2013). Beaucoup de rapports montrent des perturbations de fécondité des moustiques après traitement avec le *Bacillus thuringiensis* (Poopathi & Tyagi, 2002; kumar *et al.*, 2013). Le traitement intégré du *Bacillus thuringiensis* avec le neem et le pongamia a révélé un effet toxique et une diminution de la fécondité chez les adultes de *Culex quinquefasciatus* (Makowski, 1993). Des travaux menés sur d'autres espèces ont montré que le *Bti* peut avoir une grande influence sur la fécondité (Murugan *et al.*, 2003; Poopathi & Tyagi, 2002; Murugan *et al.*, 2002). Chugh *et al.* (2011) a montré une réduction significative de la capacité reproductrice chez *An. calcifacies* suite à une application d'anti-midgut antibodies, par contre chez les nymphes, seul l'effet contact se manifeste, puisque les nymphes ne se nourrissent pas, le produit ne peut donc être ingéré. Contrairement aux larves qui en s'alimentant ingèrent en même temps le produit appliqué et essentiellement le dernier stade larvaire L4 présente la période de la vitellogénèse (Kumar *et al.*, 2013). Les adultes d'*An. Stephensi* émergés des nymphes traitées par le *Bacillus sphaericus*, sont morphologiquement normaux mais présentent une réduction significative de la fécondité (Fawrou *et al.*, 2006).

CONCLUSION GENERALE:

Les moustiques constituent la famille des Culicidae qui regroupe les diptères nématocères, vecteurs actifs de plusieurs agents pathogènes tels que les protozoaires, les bactéries, les virus et les nématodes, qu'ils transmettent à l'homme et aux animaux domestiques.

Une partie des travaux de recherche réalisés a été consacrée à l'inventaire de la faune Culicidienne dans une région Semi-aride (Région de Tébessa) située dans le Nord-est de l'Algérie. Cette étude a été effectuée dans sept stations réparties sur toute la région de la Wilaya de Tébessa (Tébessa ville: trois sites, El Hammamet, Morsott, Mrij et Ouenza).

L'étude systématique des moustiques, portée essentiellement sur le stade larvaire, prélevés des différents sites, a permis d'identifier 24 espèces de Culicidae, appartenant à deux sous familles : les Anophelinae et les Culicinae. Une espèce d'*Anopheles* a été identifiées: *Anopheles labranchiae*, quatre genres de la sous famille des Culicinae ont été identifiés: il s'agit de genre *Culex*, *Culiseta*, *Aedes*, et *Uranotaenia*, il s'agit d'*Aedes dorsalis*, *Aedes caspius*, *Aedes vexans*, *Aedes aegypti*, *Culex hortensis*, *Culex perexiguus*, *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex antennatus*, *Culex deserticola*, *Culex pusillus*, *Culex laticinctus*, *Culex modestus*, *Culex torrentum*, *Culex mimeticus*, *Culex univittatus*, *Culex pipiens molestus*, *Culex territans*, *Culex impudicus*, *Culiseta annulata*, *Culiseta subochrea*, *Anophele labranchiae*, *Culiseta longiareolata* et *Uranotaenia unguiculata*.

Du point de vue densité, les espèces du genre *Culex* représentent une forte proportion des populations à Tébessa. Ce genre de moustiques est réputé vecteur de maladies dans le monde telles que des arboviroses, la fièvre jaune et la filariose lymphatique. Les espèces de ce genre ont des exigences moins importantes et ont été identifiées dans tous les gîtes, y compris les rejets d'eaux usées, pour une période d'apparition étalée sur toute l'année. De ce fait les indices écologiques font l'objet d'une interprétation des résultats d'échantillonnage,

Dans les sept gîtes, la faune culicidienne est représentée par l'espèce *Culiseta longiareolata* pour les stations Ouenza, Marja (*Culiseta longiareolata* en première position *Culex pipiens* puis *Culex theileri*). La même présence des espèces est signalée pour la station de Morsott (*Cs. longiareolata* puis *Culex pipiens* avec réduction des effectifs à cause des assecs) et Fatma-El zohra *Culiseta longiareolata* est la plus abondante avec un maximum d'effectif durant la mois de juin. Pour le gîte des hautes plaines, El Hammamet les espèces les plus dominantes *Culex p. molestus* et le *modestus* puis *Culiseta longiareolata*. Dans le gîte 3 de la ville de

Tébessa, on note seulement la présence de *Culex pipiens*. En conclusion, il a été dégagé que l'espèce *Culex pipiens* dans tous les gîtes prospectés est toujours associée à l'espèce *Culiseta longiareolata*,

L'étude de la fréquence appliquée aux stades pré-imaginaux des Culicidae a montré la présence de cinq catégories d'espèces. Les résultats de l'étude spatio-temporelle d'espèces de Culicidae indiquent que la plupart des espèces qui s'avèrent abondantes dans le milieu apparaissent presque toute l'année. La plupart des espèces Culicidiennes apparaissent quand les conditions climatiques sont favorables. L'optimum thermique pour la plupart des larves des espèces étudiées se situe entre 22 C° et 26°C ces températures sont enregistrées durant le mois de mai et juin, alors qu'un minimum de 8°C est enregistré pour le mois le plus froid de l'année 2011 correspondant au mois de février.

Plusieurs espèces marquent un maximum en densité larvaires, La densité larvaire la plus élevée dans tous les types des gîtes a été enregistré au mois de juin avec la plus importante diversité des espèces, on a trouvé qu'au moins 7 espèces sont apparaissent en juin, on peut conclure que le mois de juin marque une importante période de l'année 2011 en tant que quantitative, par la densité la plus élevées et qualitative par la diversité remarquable en espèces.

Il ressort des résultats que *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*, colonisent les différents types de milieux pendant une longue période de l'année. Par contre le froid constitue un facteur limitant pour le cycle de développement de *Cx. pipiens* et *Culiseta longiareolata*, pour certains gîtes, particulièrement es premiers mois de l'année 2011 qui correspondent à la saison hivernale. Par contre la prolifération se poursuit dans d'autres stations, comme le cas du gîte 3 de la ville de Tébéssa. Les résultats ont montré que ces 2 espèces se manifestent 12 mois de l'année et les autres espèces se manifestent six à huit mois, le cas de *Culex modestus*, *Culex theileri*, *Culex perexiguus* et *Culex univittatus*. D'autres espèces apparaissent trois à cinq mois au cours de l'année tel que : *Culex laticinctus*, *Culex territans*, *Culex hortensis* et *Aedes aegypti*. Par contre les autres espèces ne sont présentes qu'un mois ou deux à titre d'exemple: *Anophele labranchiae*, *Culiseta annulata*. Cet inventaire de moustique réalisé, est une contribution à la mise à jour et de compléter la base de données sur la distribution et la répartition des moustiques au Nord-Est Algérien.

Un écosystème aquatique sont caractérisés par des paramètres physico-chimiques et biologiques qui lui sont spécifiques. Les résultats des paramètres physico-chimiques ont montrés que les eaux des sites d'études sont caractérisées par une température variable

influencée par celle de l'aire, qui induit une variabilité de la conductivité électrique en fonction des températures et un PH aussi variable avec une forte alcalinité comme le cas de la station Mrij. Au vu des paramètres physico-chimique étudiés, le genre *Culex* semble être attiré par les eaux riches en matières organiques, ce qui se traduit par un développement rapide et une prolifération intense dans la région. De même, la température reste primordiale à l'accentuation de la vitesse de développement du moustique.

Le *Bacillus thuringiensis* Vectobac G nouvel insecticide de type biologique appartenant à un large groupe de *Bacillus*. Il a été testé sur deux espèces de moustiques les plus abondantes dans la région de Tébessa *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. Son action a été évaluée sur des aspects toxicologiques, développement, longévité des adultes et le potentiel reproducteur des deux espèces.

Les essais toxicologiques ont permis de mettre en évidence l'effet toxique du *Bacillus thuringiensis* Vectobac G et de déterminer les concentrations létales CL₅₀ et CL₉₀ (23,98 µg/l, 73,31 µg/l) et (16,21 µg/l, 75,85 µg/l) à l'égard de *Culiseta longiareolata* et *Culex pipiens* respectivement. Le traitement par le *Bacillus thuringiensis* Vectobac G pendant 24 heures d'exposition, induit un effet toxique sur les différents stades larvaires nouvellement exuviées avec une relation concentration-répons, de plus on a remarqué que les stades précoces (L1 et L2) sont les plus sensibles aux *Bacillus*, par contre les stades avancés (L3 et L4) sont les plus résistantes. Les résultats obtenus montrent que *Culex pipiens* est plus sensible à cet insecticide par rapport aux *Culiseta longiareolata* qui présente une faible susceptibilité. Le *Bacillus thuringiensis* Vectobac G n'exerce pas un effet significatif sur la durée de vie chez les stades post –embryonnaires par rapport aux témoins pour les deux espèces.

De nombreux effets ont été attribués au *Bt*. Vectobac G à la suite du traitement des larves L4 de *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*, par la CL₅₀ et CL₉₀ (16,21 µg/l, 75,85 µg/l) et (23,98 µg/l, 73,31 µg/l) respectivement, sont liés à la fécondation. La réduction de la fécondité est exprimée par la diminution du nombre d'œufs pondus, le nombre des œufs éclos, pourcentage d'éclosion, la fécondité et la longévité ceci est comparativement aux témoins.

Le traitement par les concentrations létales (CL₅₀ et CL₉₀) du *Bacillus thuringiensis* Vectobac G provoque une réduction significative de la durée de développement larvaire et perturbe la

fécondité par la réduction du nombre des œufs pondus et éclos chez les deux espèces *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*.

REFERENCES:

- Abbott W.B. 1925. A method for computing the effectiveness of an insecticide. *J. Econ. Entomol.*, **18**: 265 - 267.
- Aissaoui L. 2008. Etude systématique et lutte biologique avec *Bacillus thuringiensis* vectobac (WDG) contre les moustiques dans la région de Tébessa. Thèse de magister en Biologie Appliquée. Institut des sciences. Université Chikh- laarbitbessi - Tébessa.
- Aitken T.H.G. 1954. The Culicidae of Sardinia and Corsica (Diptera). *Bull. Entomol., Res.* **45**: 437- 494.
- Ali A., Sauerman D.M. & Nayar J.K. 1984. Pathogenicity of an industrial formulation of *Bacillus thuringiensis* serovar *israelensis* to larvae of some Culicidae mosquitoes in the laboratory. *Fla. Entomol.* **67**: 193 - 197.
- Aly C. & Mulla M.S. 1986. Orientation and ingestion rates of larval *Anopheles albimanus* in response to floating particles. *Entomol. Experim. Applic.*, **42**: 83 - 90.
- Aly C.M.S., Mulla B.Z. & Schnetter W. 1988. Rate of ingestion by mosquito larvae (Diptera: Culicidae) as a factor of the effectiveness of a bacterial stomach toxin. *J. Medic. Entomol.*, **25**: 191 - 196.
- Andrean J., Gilbert L. & Regine F. 1981. Dictionnaire de Biochimie alimentaire et de nutrition Technique et Documentation P, 21 Paris Cedex 08.
- Aouinty B., Oufara S., Mellouki F. & Mahari S. 2006. Evaluation préliminaire de l'activité larvicide des extraits aqueux des feuilles du ricin (*Ricinus communis*) et du bois de Thuya (*Tehaclinis articulata*) sur les larves de quatre moustiques Culicidés: *Culex pipiens* (Linné); *Aedes caspius* (Pallas); *Culiseta longiareolata* (Aitken) et *Anopheles maculipennis* (Meigen). *Biotechnol. Agron. Environ.*, **10 (2)**: 67 - 71.
- Barbault R. 1983. Ecologie et fonctionnement. Edt. Masson, Paris, 244 p.
- Barjac D. 1978. Une nouvelle variété de *Bacillus thuringiensis* très toxique pour les moustiques: *B. thuringiensis* var. *israelensis* sérotype H14. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris. (D)*, **286**: 797 - 800.
- Baumann L., Okamoto K., Unterman B.M., Lynch M.J. & Bauman P. 1984. phenotypic characterization of *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus cereus*. *J. Invert. Pathol.*, **44**: 329 - 341.
- Becker N. & Ludwig M. 1993. Investigations on possible resistance in *Aedes vexans* field populations after a 10-year application of *Bacillus thuringiensis israelensis*. *J. Amer.Mosq. Cont. Assoc.*, **9 (2)**: 221 - 224.

- Bendali F., Djebbar F. & Soltani N. 2001. Efficacité comparée de quelques espèces de poissons à l'égard de divers stades de *Culex pipiens* L. dans des conditions de laboratoire. *Parasitica.*, **57** (4): 255 - 265.
- Bendali S.F. 1989. Etude de *Culex pipiens* Anautogène. Systématique, Biologie, Lutte (*Bacillus thuringiensis israeliensis* serotype H14 ; *Bacillus sphaericus* (1593) et deux espèces d'hydracariens. Magister. Université d'Annaba. Algérie.
- Bendali-Saoudi F. 2006. Etude bioécologique, Systématique et Biochimique des Culicidae (Diptera- Nematocera) de la région d'Annaba. Lutte biologique anticulicidienne. Thèse de Doctorat d'Etat en science Naturelle. Universiré Badji Mokhtar Annaba, Algérie.
- Berchi S. 2000. Bioécologie de *Culex pipiens*. (Diptera, culicidae) dans la région de Constantine et perspective de lutte. Thèse Doc. Es-science. Université de Constantine. Algérie
- Bouabida H., Djebbar F. & Soltani N. 2012. Etude systématique et écologique des Moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Tébessa (Algérie). *Faun. Entomol.*, **65**: 99 - 103.
- Boudjelida H., Aissaoui L., Bouaziz A., Smagghe G. & Soltani N. 2008. Laboratory evaluation of *Bacillus Thuringiensis*(vectobac WDG) against mosquito larvae, *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. *Comm. Biol. Sci., Ghent University.*, **73** (3): 603 - 609.
- Boudjelida H., Bouaziz A., Soin T., Smagghe G. & Soltani N. 2005. Effects of ecdysone agonist halofenozide against *Culex pipiens*. *Pestic. Biochem. Physiol.*, **83**: 115 - 123.
- Brunel C., Brunel E. & Frontier S. 1990. Structure spatio-temporelle d'un peuplement de Diptères Dolichopodides le long d'un transect culture/ coteau calcaire/ vallée humide (vallée de somme). *Bull. Ecol.*, **1** (21): 97 - 117
- Brunhes J., Rhaim A., Geoffroy B., Angel G. & Hervy J.P. 1999. Les Culicidae de l'Afrique méditerranéenne, logiciel d'identification et d'enseignement, IRD (France).
- Brunhes J., Schaffner F., Angel G., Geoffroy B., Hevry J.P. & Rhaïem A. 2001. Moustiques d'Europe. Logiciel d'identification. Institut de recherche pour le développement. IRD (France).
- Cachareul A. 1997. Les moustiques: cycle de développement, aspects anatomo-physiologiques et régulation du cycle ovarien. *Th. Med. Vet.*, Nantes. **24**: 131p.
- Carlson CR. & Kolsto A.B. 1993. A complete physical map of a *Bacillus thuringiensis* chromosome. *J. Bactirol.*, **175**: 1053 - 1060.
- Chahboune M., Chahlaoui A., Zaid A. & Ben Moussa A. 2013. Contribution à la caractérisation physico-chimique des eaux du lac, réservoir du barrage Hassan II (province de midelt, Maroc). *Larhyss J.*, **14**: 61 - 77.

- Chapman D. & Kimstach V. 1996. Selection of water quality variables. Water quality assessments: a guide to the use of biota, sediments and water in environment monitoring, Chapman edition, 2nd ed. E & FN Spon, London. 59 - 126.
- Chapman H.C. 1974. Biological control of mosquito larvae. *An. Rev. Entomol.* **19**: 33 - 59
- Charles J.F & Nielsen-LeRoux C. 2000. Mosquitocidal bacterial toxins: diversity, mode of action and resistance phenomena. *Mem. Inst. Oswaldo Cruz.* 95 Suppl., **1**: 201 - 6.
- Chugh M., Adak T., Neelam S. & Gakhar S.K. 2011. Effect of anti-mosquito midgut antibodies on development of malaria parasite, *Plasmodium vivax* and fecundity in vector mosquito *Anopheles culicifacies* (Diptera; Culicidae). *Indian J. Exper. Biol.*, **49**: 245 - 253.
- Clements A.N. 1999. The Biology of Mosquitoes: Sensory Reception and Behavior. *CAB International Publishing*, 576 p.
- Croft B.A & Flexner J.L. 1991. Arthropod Biological Control Agent and Pesticides, *John Wiley and Sons*, New York.
- Dajoz R. 1971. Précis d'écologie. *Ed. Dunod*, Paris.
- Dajoz R. 1985. Précis d'écologie, *Ed. Dunod*, Paris.
- Dajoz R. 2003. Précis d'écologie. *Ed. Dunod*, Paris.
- Dajoz R. 2006. Précis d'écologie. Cours et questions de réflexions 8^{ème} Ed. *Dunod*, Paris.
- Damiens D., Gauthier M., Philippe D. & Thierry H. 2011. Toxicité et rémanence d'une nouvelle formulation du *Bacillus thuringiensis subsp. israelensis* sur les larves de *Culex pipiens* L. et *Aedes geniculatus* (Oliver) (Diptera: Culicidae) en eau usées *entomol. faun.*, **63(3)**: 157 - 163.
- De Barjac H. & Sutherland D.J. 1990. Bacterial control of mosquitoes and black flies. *Rutgers Univ. Press*. New Brunswick, N.J. **1**: 3 - 217.
- Djeghader N.E.H., Aïssaoui L., Amira K. & Boudjelida H., 2014. Impact of a Chitin Synthesis Inhibitor, Novaluron, on the development and the reproductive performance of mosquito *Culex pipiens*. *World Appl. Sci. J.*, **29 (7)**: 954 – 960.
- Dreux P. 1980. Précis d'écologie, *Ed. Presses. Univ. France.*, Paris.
- Edwards F. W. 1921. A revision of the mosquitoes of the Palearctic Region. *Bull. Entomol. Res.*, **12**: 263 - 351.
- Edwards F.W. 1913. Diptera of the Lake of Tiberias and Damascus. *J. Asiat, Soc. Benga.*, **9**: 48 - 51.

- El ouali lalami A., Cherigui M., Ibnsouda Koraichi S., Maniar S., EL Maimouni N. & Rhajaoui M. 2009. Le paludisme importé dans le Centre Nord du Maroc entre 1997 à 2007. *Cah. Santé.*, **19** (1): 43 - 47.
- El ouali lalami A., El hilali O., Benlamlih M., Merzouki M., Raiss N., Ibnsouda-kouraichi S. & Himmi O. 2010. Etude entomologique, physico-chimique et bactériologique des gîtes larvaires de localités à risque potentiel pour le paludisme dans la ville de Fès. *Bulletin de l'Institut Scientifique*, Rabat, **32** (2): 119 - 127.
- Elena B.V & Elena V.S. 2007. Morphometric, physiological and molecular characteristics of underground populations of the urban mosquito *Culex pipiens* Linnaeus f. *molestus* Forskål (Diptera: Culicidae) from several areas of Russia. *Europ. Mosq. Bull.*, **22**: 17 - 24.
- Fawrou S., Raymand B.N. & Mady N. 2006. Etude comparative de deux produits de neem (huile et poudre) sur les stades préimaginaux du moustique *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *Afriq. Sci.*, **2** (2): 212 - 225.
- Federici B.A., Park H.W., Bideshi D.K., Wirth M.C., & Johnson J.J. 2003. Recombinant bacteria for mosquito control. *J. Exp. Biol.*, **206**: 3877 - 3885.
- Ficalbi E. 1889. Descrizione di una specie nuova. (Notizie preventive sulle zanzare italiane. II. Nota preventiva). *Bulletino della Societa Entomologica Italiana*, **21**: 50 - 53.
- Finney D.J. 1971. Probit analysis, a statistical treatment of the sigmoid response curve. 2nd edition. *Cambridge University Press*.
- Fisher R.A. & Yates. 1957. Statistical tables for biological agricultural and medical research. 5^{ème} edition, Oliver et Boyd. London. pp 64 - 66.
- Fredric B.A., luthy P. & Ibarra J.E. 1990. The parasporal body of *Bti* structure protein composition and toxicity, 16.44. In H. De Barjacand D.J. and Saterland (eds.), Bacterial control of mosquitoes and black flies: biochemistry, genetics, and application of *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* and *Bacillus sphaericus*. *Rutgers University Press*, New Brunswick, N.J.
- Frontier S., Pichod-Viale D., Lepretre A., Davoult D. & Luczak C. 2008. Ecosystèmes. Structure, fonctionnement, évolution. 4^{ème} édition. *Dunod, Paris*. 558 p.
- Gargan T.P., Charles L., Glen B.A., Adel Gad H. & El Saïd S. 1983. The effects of laboratory colonization on the vector Pathogen interactions of Egyptian *Culex pipiens* and Rift Valley Fever Virus. *Am. Trop. Med. Hyg.*, 1154 - 1163.
- Georghiou G.P. & Lagunes-Tejeda A. 1992. The concurrence of resistance to pesticides in Arthropodes. An Index of cases reported through 1989. *Food and Agriculture Organisation. Rome Sante*, **37**: 277 - 286.

- Ghazali D. & Zaid A. 2013. Eude de la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux de la source Ain Salama-Jerri (Région de Meknès –Maroc). *Larhyss Journal*, **12**: 25-36.
- Glare T.R. & O'Callaghan M. 1998. Environmental and health impacts of *Bacillus thuringiensis israelensis*. Report for the Ministry of Health, NewZealand. *J. Stored Prod. Res.*, **42**: 136 – 148.
- Golberg L.J. & Margalit J. 1977. A bacterial spore demonstrating rapid larvicidal activity against *Anopheles sergentii*, *Uranotaenia unguiculata*, *Culex univittatus*, *Aedes aegypti* and *Culex pipiens*. *Mosq. News*. **37**: 355 - 358.
- Golding N., Nunn M.A., Medlock J.M., Purse B.V., Vaux A.G.C. & Schäfe M.S. 2012. West Nile virus vector *Culex modestus* established in southern England. *Par. Vect.*, **5**: 32 - 36.
- Guillaumot L. 2006. Les moustiques et la dengue. Institut Pasteur de Nouvelle Calédonie, 15 p.
- Hacini M., Kherci N. & Oelkers E. 2008. Mineral précipitation rate during the complete evaporation of the MerouanChott ephemeral lake. *Geochim. Cosmoc. Acta*. **72**: 6 - 1597.
- Hadj M., Belghyti D., El assal M., Elomari F. & Rahmoun H. 2013. Etude entomologique des gites larvaires des moustiques (*Anophele*, *Culex*). *Science lib. Edition Mersenne*.
- Hamaidia H. 2004. Inventaire et biodiversité des Culicidae (Diptera- Nematocera) dans la région de Souk-Ahras et de Tébessa (Algérie). Thèse de magistère université de Constantine Algérie.
- Hansen B. & Dangaard P., Eilenberg J. & Pedersen J. 1998. Molecular and phenotypic characterization of *Bacillus thuringiensis* isolated from leaves and insects. *J. Invert. Pathol.*, **71**: 106 - 114.
- Harbach R. E., Dahi C. & With G. B. 1995. *Culex pipiens* L (Diptera: Culicidae): Concepts, type designation and description. *Proc. Entomol. Soc.*, **87** (1): 1 - 24.
- Hassain K. 2002. Biogéographie et biotypologie des Culicides (Diptera -Nematocera), de l'Afrique méditerranéenne. Bioécologie des espèces les plus vulnérantes (*Aedes Caspius*, *Aedes détrit*, *Aedes mariae* et *Culex pipiens*) de la région occidentale d'Algérie. Thèse de Doctorat en sciences. Université Tlemcen.
- Herrel N., Merasinghe A., Ensink F.P., Mukhtar J.M., Van Der Hoek W. & Konradsen F. 2001. Breedinng of *Anopheles* mosquitoes in irrigated areas of sounth Punjab, Pakistan. *Medic. Veter. Entomol.*, **15**: 236 - 248.
- Himmi O. 2007. Les Culicidae (Insectes, Diptères) du Maroc : systématique, écologie et étude épidémiologiques pilots. Thèse de doctorat d'état en Biologie, spécialité écologie. Faculté des sciences. Université Mohamed V. Agdal. Maroc.

- Himmi O., Dakki M., Trari B. & Elagbani M.A. 1995. Les Culicidae du Maroc : clés d'identification avec données biologiques et écologiques. *Trav. Inst. Sci., série Zool.*, Rabat, **44**: 50 - 58.
- Himmi O., Trari B., Elagbani. M.A. & Dakki M. 1998. Contribution à la connaissance de la cinétique et des cycles biologiques des moustiques (Diptera: Culicidae) dans la région de Rabat-Kanitra (Maroc). *Bull. Inst. Sci., Rabat*, **21**: 71 - 79.
- Hougart J.M., Mbentengam R., Lochouarn L., Escaffre H., Darriert F., Barbazan P. & Quiévéry D. 1994. Lutte contre *Culex quinquefasciatus* par *Bacillus sphaericus* : résultats d'une campagne pilote dans une grande agglomération urbaine d'Afrique équatoriale. *Bull. O. M. S.*, **71 (3/4)**: 367 - 376.
- Huston M.A. 1994. Biological diversity. The coexistence of species on changing land scapes. *Cambridge University Press*.
- Ibarra J. & Frediric B.A. 1986. Isolation of a relatively non-toxic 65-Kilodalton proteins inclusion from the parasporal body of *Bacillus thuringiensis* subsp. *Israelensis*. *J. Bacteriol.*, **165**: 527 - 533.
- Ignoffo C.M., Garacia C., Kroha M.J., Fukuda T. & Couch T.L. 1981. Laboratory tests to evaluate the potential efficacy of *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* for use against mosquitoes. *Mosq. News*. **42**: 85 - 93.
- Impoinvil D.E., Ahmad S., Troyo A., Keating J., Githeko A. K., Mbogo C. M., Kibe L., Githure J. I., Gad A. M, Hassan A.N., OrshanL., Warburg A., Arguedas O.C., S´anchez-Loria V. M., Velit-Suarez R., Chadee D.D., Novak J.R. & Beier C.J. 2007. Comparison of mosquito control programs in seven urban sites in Africa, the Middle East, and the Americas. *Heal. Policy.*, **83**: 196 – 212.
- Karch S. 1984. *Bacillus sphaericus* agent de lutte biologique contre *Culex pipiens* Linné, 1758 (Diptera-Culicidae) et contre d'autres moustiques. Thèse du titre de Docteur Ingenieur, Spécialité: Entomologie, Université de Paris XI .France.
- Kellen W., Clark T., Windergren J.H.B. & Rogoff M. 1965. *Bacillus sphaericus* Neide as a pathogen of mosquitoes. *J. Invertebr. Pathol.*, **7**: 442 - 448
- Khrida G., Rhaïem A. & Bouattour A. 1997. Effet de la qualité des eaux sur l'expression du potentiel biotique du Moustique *Culex pipiens* L. dans la région de Ben Arous (sud de Tunis). *Bull. Soc. Entomol.*, France, **102 (2)**: 143 - 150.
- Krida G., Diancourt L., Bouattour A., Rhim A., Chermiti B. & Failloux A.B. 2011. Assessment of the risk of introduction to Tunisia of the Rift Valley fever virus by the mosquito *Culex pipiens*. *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, **104 (4)**: 250 - 259.

- Krifa M., Gharad T. & Haouala R. 2011. Biological activities of essential oil, aqueous and organic extracts of *Pituranthos/tortuosus* (Coss.). *Scientia Horticulturae*, **128**: 61 – 67.
- kumar N.A. Murugan K., hobana K. & Abirami D. 2013. Isolation of *Bacillus sphaericus* screening larvicidal, fecundity and longevity effects on malaria vector *Anopheles stephensi*. *Scientific Research and Essays*. **8(11)**: 425 - 431.
- Lacey L.A. & Smittle B. 1985. The effects of gamma radiation on spore viability and mosquito larvicidal activity of *Bacillus sphaericus* and *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*. *Bull Soc Vect Ecol* **10**: 98 – 101.
- Larriere M. & Abonnenc E. 1956. Notes biologiques et morphologie de l'œuf, de la larve et de l'adulte de *Culex antennatus* Becker 1903. Laboratoire de Parasitologie de l'Ecole préparatoire de Médecine et de Pharmacie de Dakar. **(1)**: 1191 - 1199.
- Lepage S., Charpentier G., Pequer D., Vey A. & Quiot J.M. 1992. Utilisation de toxines de champignons entomopathogènes contre les Diptères piqueurs. *Mem. Soc. Res. Belg. Entomol.*, **35**: 139 - 143.
- Linné C. 1758. Systema naturae per regna fria naturae. Edition 10. *Holmia*, **(1)**: 82p.
- Louah M.A. 1995. Ecologie des Culicidae (Diptères) et état du paludisme dans la péninsule de Tanger, *Thèse d'état Es-sciences Fac. Sc. Tétouan*.
- Lounaci Z. 2003. Biosystématique et bioécologie des Culicidae (Diptera, Nematocera) en milieux rural et agricole. Thèse de Magistère. I.N.A., El-Harrach.
- Mahmood F. 1998. Laboratory bioassay to compare susceptibilities of *Aedes aegypti* and *Anopheles albimanus* to *Bacillus thuringiensis* var *israelensis* as affected by their feeding rates. *J. Amer. Mosq. Control. Assoc.*, **14**: 69 - 71.
- Makowski R. 1993. Effect of inoculum concentration, temperature, dew period, and plants growth stage on disease of round-leaved mallow and velvetleaf by *Colletotrichum gloeosporioides* f. sp. malvae. *Ecol. Epidemiol.* **83**: 1229 - 1234.
- Matile L. 1993. Les Dipteres d'Europe Occidentale. Introduction, techniques d'étude et morphologies. Nematocères, Brachycères, Orthorraphes et Aschizes. Ed. Boubée, Paris.
- Messai N., Berchi S., Boulknafe F. & Louadi K. 2011. Inventaire, systématique et diversité biologique de Culicidae (Diptera : Nematocera) dans la région de Mila (Algérie). *Faun. Entomol.*, **63 (3)**: 203 – 206.
- Metge G. 1991. Contribution a l'étude écologique d'*Anopheles labranchae* au Maroc. Activité des imagos et dynamique des stades prés-imaginaux dans la région de Sidi Betache. *Bull. Ecol.*, **22 (3/4)**: 419 - 426.

- Milam C.D., Farris J.L. & Wilhide J.D. 2000. Evaluating mosquito control pesticides for effect on target and non-target organisms. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.*, **39**: 324 -328.
- Moutailler S., Krida G., Schaffner F., Vazeille M. & Failloux A.B. 2008. Potential vectors of Rift Valley fever virus in the Mediterranean Region. *Vector Borne Zoonot Dis.*, **8**: 749 -753.
- Mulla M.S., Darwaseh H.A., Davidson E.W. & Gulmage H.T. 1984. Efficacy and persistence of microbial agent *Bacillus sphaericus* for the control of mosquito larvae in originally enriched habitats. *Mosq. News.*, **44**: 166 – 173.
- Murugan K., Thangamathi P. & Jeyabalan D. 2002. Interactive effect of botanicals and *Bacillus thuringiensis* Subsp. *Israelensis* on *Culex quinquefasciatus* Say. *J. Sci. Ind. Res.*, **61**: 1068 - 1076.
- Murugan K., Vahitha R., Baruah I. & Das S.C. 2003. Integration of botanicals and microbial pesticides for the control of filarial vector, *Culex quinquefasciatus*. *Ann. Med. Entomol.*, **12**: 11 - 23.
- Najera A. & Zaim M. 2002. Lutte contre les vecteurs du paludisme. Critère et procédures de prise de décisions pour une utilisation raisonnée des insecticides. *Thailand. J. Medic. Entomol.*, **23**: 244 - 250.
- Naresh-kumar A., Murugan K., Shobana K. & Abirami D. 2013. Isolation of *Bacillus sphaericus* screening larvicidal, fecundity and longevity effects on malaria vector *Anopheles stephensi*. *Acad. J. Sci. Res. Ess.*, **8 (11)**: 425 - 431.
- Nielsen-LeRoux C., Charles J-F., Thiery I. & Georghiou G.P. 1995. Resistance in the laboratory population of *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) to *Bacillus sphaericus* binary toxin is due to a change in the receptor on midgut-brush-border membranes. *Eur. J. Biochem.*, **228**: 206 - 210.
- O.M.S. 1983. Anonyme, informal consultation on insect growth regulators. WHO/VBC/83: 1983.
- Poopathi S. & Tyagi B.K., 2002. Studies on *Bacillus sphaericus* toxicity-related resistance development and biology in the filariasis vector, *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae) form South India. *Appl. Entomol. Zool.*, **37 (3)**: 365 - 371.
- Porreta D., Canestrelli D., Bellini R., Celli G. & Urbanelli S. 2007. Improving insect pest management through population genetic data: a case study of the mosquito *Ochlerotatus caspius* (Pallas). *J. Appl. Ecol.*, **44**: 682 – 691.
- Rageau J. & Adam J.P. 1952. Culicidae du Cameroun. *Ann. Parasit. Hum. Comp.*, **27**: 610 - 635.
- Ramade F. 1984. Element d'écologie. Ecologie fondamentale. Ed. Mac. Graw- Hill, Paris, 397 p.

- Rao, D. R., Mani, T. R., Rajendran, R., Joseph, A. S., Gajanana, A., & Reuben, R. 1995.
- Rehimi N. & Soltani N. 1999. Laboratory evaluation of Alsystin, a chitin Synthesis inhibitor, against *Culex pipiens* L. (Diptera: Culicidae): effect on development and cuticle secretion. *J. Appl. Entomol.*, **123**: 437 - 441.
- Reusken C., De Vries A., Ceelen E., Beeuwkes J. & Scholte E.J. 2011. A study of the circulation of West Nile virus, Sindbis virus, Batai virus and Usutu virus in mosquitoes in a potential high-risk area for arbovirus circulation in the Netherlands De Oostvaardersplassen. *Eur. Mosquito Bull.*, **29**: 66 - 81.
- Rioux J.A. 1958. Les Culicidae du 'Midi' méditerranéen. Etude systématique et écologique, Ed. Paul le chevalier, Paris: 301 p.
- Rioux J.A., Croset H., Gras G., Juminer B. & Tesson G. 1965. Les problèmes théoriques posés pour la lutte contre *Culex pipiens* dans le Sud de la France. *Arch. Inst. Pasteur Tunisie*, **42**: 473 - 501.
- Ripert C. 2007. Epidemiologie des maladies parasitaires, tome 4, affections provoquées ou transmises par les arthropodes. Cachan: *EM inter*. 581 p.
- Rodhain F. & Perez C. 1985. Précis d'entomologie médicale et vétérinaire. Notion d'épidémiologie des maladies à vecteurs. Ed. Maloine, 458 p.
- Rodhain F. 1996. Les insectes ne connaissant pas nos frontieres. *Med. Mal. Infect.*, **26**: 804 - 14.
- Rodier J. 1984. L'analyse de l'eau : Eaux naturelles, eaux résiduaires, eaux de mer. *Edition Dunod, Paris*. France.
- Rodier J., Bazin C., Broutin J.P., Chombon P., Champsaur H. & Rodi L. 1996. L'analyse de l'eau: eaux naturelles, eaux résiduaires, eau de mer, 8^{ème} édition *Dunod, Paris*. France.
- Ruault-Djerrab M., Ferré B. & Kechid-Benkherouf F. 2012. Etude micropaléontologique du Cénomano-Turonien dans la région de Tébessa (NE Algérie): implications paléoenvironnementales et recherche de l'empreinte de l'OAE2. *Revue de Paléobiologie, Genève*, **31 (1)**: 127 - 144
- Saleh M. S., El-Meniawi F. A., Kelada N. L. et Zahran H. M. 2003. Resistance development in mosquito larvae *Culex pipiens* to the bacterial agent *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis*. *Journal of Applied Entomology (Zeitschrift)*, **127(1)**: 29 - 32.
- Savage H.M. & Miller B. 1995. House Mosquitoes of the U.S.A. *Culex pipiens* Complex. *Wing Beats*, **(6)**: 8 - 9.

- Schimer J, Wieden H.J., Rodnina M.V. & Aktories K. 2002. Inactivation of the elongation factor Tu by mosquitocidal toxin-catalysed mono-ADP-ribosylation. *Appl. Environ. Microbiol.*, **68**: 4894 - 4899.
- Seguy E. 1923. Les moustiques de France. Etude systématique et biologique des moustiques de l'Europe central et septentrionale et de leur parasite. *Encyclopedie pratique du naturaliste*. Ed. P. Le chevalier, Paris. 257 p.
- Seguy E. 1924. Les Culicidae de l'Afrique mineur, de l'Egypte et la Syrie. Encyclopidie entomologique. *Inst. Ed. Paul Le chevalier, Paris*, 257 p.
- Seguy E. 1947. La vie des mouches et des moustiques. *ED. P. lechevalier*, Paris, 252 p.
- Senevet G. & Andarelli L. 1954. Le genre *Culex* en Afrique du Nord, III: Les adultes. *Arch.Inst. Pasteur. Algérie*, **32 (1)**: 36 - 70.
- Senevet G. & Andarelli L. 1954. Présence d'*Aedes punctor* en Algérie. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **32**: 309 p.
- Senevet G. & Andarelli L. 1956. Les *Anophèles* et du bassin méditerranéen. *Encyl. Entomol., Le chevalier, Paris. (ed.)*. **33**: 280 p.
- Senevet G. & Andarelli L. 1956. Présence en Algérie de *Theobaldia litorea* (SHUTE). *Arch. Inst. Pasteur, Algérie*, **34**: 400 - 402.
- Senevet G. & Andarelli L. 1956. Présence en Algérie de *Theobaldia subochrea* Edwards., *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **34**: 223 - 226.
- Senevet G. & Andarelli L. 1958. Le genre *Aedes* en Afrique du Nord, II: Les nymphes. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **36 (2)**: 266 - 292.
- Senevet G. & Andarelli L. 1959a. Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen : Les genres *Culex*, *Uranotaenia*, *Theobaldia*, *Orthopodomyia* et *Mansonia*. *Encyl. Entomol. Lechevalier, Paris*, **37**: 384 p.
- Senevet G. & Andarelli L. 1959. Un nouveau caractère pour la diagnose des larves de *Culex*. *Arch. Inst. Pasteur, Algérie*, **37 (3)**: 447- 461.
- Senevet G. & Andarelli L. 1960. Contributions à l'étude de la biologie des moustiques en Algérie et dans le Sahara Algérien *Arch. Inst. Pasteur, Algérie*, **(2)**: 305 - 326.

- Senevet G. & Andarelli L. 1963a. Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen III: Les *Aedes* 1^{ère} partie : Généralités. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **41**, 115 - 141.
- Senevet G. & Andarelli L. 1963b. Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen III: Les *Aedes* 2^{ème} partie : Description des espèces du sous genre *Ochlerotatus*, groupe B. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **41**: 142 - 172.
- Senevet G. & Andarelli L. 1964a. Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen III: Les *Aedes* 2^{ème} partie : Description des espèces du sous genre *Ochlerotatus*, groupe E. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **42**: 94 - 144.
- Senevet G. & Andarelli L. 1964b. Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen III: Les *Aedes* 2^{ème} partie : Description des espèces du sous genre *Ochlerotatus*, groupe G. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **42**: 145 - 192.
- Senevet G. & Andarelli L. 1966. Les moustiques de l'Afrique du Nord et du bassin méditerranéen III: Les *Aedes* 2^{ème} partie : Description des espèces du sous genre *Ochlerotatus*, groupe H. *Arch. Inst. Pasteur. Algérie*, **44**: 51 - 74.
- Senevet G. 1939. *Aedes aegypti* en Algérie. *Ach. Inst. Pasteur, Algérie*, **4**: 597 - 600.
- Shannon C.E. & Weaver W. 1963. The Mathematical Theory of Communication. *University of Illinois Press*.
- Shannon C.E. 1948. A Mathematical Theory of Communication. *Bull. Sys. Tech. J.*, **27**: 379 – 423.
- Silva-Filha MH., Nielsen-LeRoux C. & Charles J-F. 1997. Binding kinetics of *Bacillus sphaericus* binary toxin to midgut brush-border membranes of *Anopheles* and *Culex* sp. mosquito larvae. *Eur. J. Biochem.*, **247 (3)**: 754 - 761.
- Slepecky R. & Hemphill H. 1992. The genus *Bacillus* – nonmodical: In. Balowsa, Truper HG, Dworkin M. Harder W. & Schleifer H. The prokaryotes, 2nd ed. Newyork, Basel, Springer – Verlag, 2: 1663 -1696.
- Swaroop S., Gilroy A.B. & Uemura K. 1965. Statistical methods in malaria eradication. Geneva: World Health Organisation.
- Theobald F.V. 1903. A monograph of the Culicidae or mosquitoes. *London, British, Museum (Natural History)*. **3**: 359 p.
- Tine-Djebbar F. 2009. Bioécologie des moustiques de la région de Tébessa et évaluation de deux régulateurs de croissance (halophenozide et méthoxyfenozide) à l'égard de deux espèces de moques *Culex pipens* et *Culiseta longiareolata* ; toxicologie, morphométrie, biochimie et reproduction. Thèse de doctorat, Faculté des sciences, Université d'Annaba, Algérie.

- Trari B., Dakki M., Himmi O. & Al Agbani M.A. 2002. Les moustiques (Diptera-Cuicidae) du Maroc. Revue bibliographique (1916-2001) et inventaire des espèces. *Bull. Soc. Pathol. Exot.*, **95** (4): 329 - 334.
- Urquhart G.M., Armour J., Duncan J.L., Dunn A.M. & Jennings F.W. 1996. Veterinary parasitology. 2nd edition. Oxford: *Blackwell science*. 307 p.
- Valaitis P.A. 2008. *Bacillus thuringiensis* pore-forming toxins trigger massive shedding of GPI-anchored aminopeptidase N from gypsy moth midgut epithelial cells. *Insect Biochem. Mol. Biol.*, **38**: 611– 618.
- Walker K. & Lynch M. 2007. Contributions of *Anopheles* larval control to malaria suppression in tropica Africa: review of achievement and potential. *Medic. Veter. Entomol.*, **21**: 2-21.
- Wang L.Y. & Jaal Z. 2005. Sublethal Effects of *Bacillus thuringiensis* H-14 on the Survival Rate, Longevity, Fecundity and F1 Generation developmental Period of *Aedes aegypti*. *Dengue bull.*, **29**: 15 - 23.
- Wei S., Cai Q. & Yuan Z. 2006. Mosquitocidal toxin from *Bacillus sphaericus* induces stronger delayed effects than binary toxin on *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *J. Med. Entomol.*, **43**(3): 726 - 730.
- Whalon M.E. & McGaughey W.H. 1998. *Bacillus thuringiensis*: Use and Resistant management. In: Insecticides with novel modes of action: mechanism and application, Ishaaya, I. and Degheele, D. Eds. *Springer, Berlin*, 106 - 137.
- White S.M., Rohani P. & Sait M.S. 2010. Modelling pulsed releases for sterile insect techniques: fitness costs of sterile and transgenic males and the effects on mosquito dynamics. *J. Appl. Ecol.*, **47**: 1329 – 1339.
- Wirth M.C., Jiannino J.A., Federici B.A. & Walton W.E. 2005. Evolution of resistance toward *Bacillus sphaericus* or a mixture of *B.sphaericus*+Cyt1A from *Bacillus thuringiensis*, in the mosquito, *Culex quinquefasciatus* (Diptera: Culicidae). *J. Invertebr. Pathol.*, **88**: 154 – 162.
- Zaidi N. & Soltani N. 2011. Environmental risks of two chitin synthesis inhibitors on *Gambusia affinis*: chronic effects on growth and recovery of biological responses. *Biol. Contr.*, **59** (2): 106 – 113.

ANNEXES



Pelagia Research Library

European Journal of Experimental Biology, 2014, 4(1):104-109



Larvicidal activity and influence of *Bacillus thuringiensis* (Vectobac G), on longevity and fecundity of mosquito species

Linda Aïssaoui and Hamid Boudjelida*

Laboratory of Applied Animal Biology, Department of Biology, Faculty of Sciences, University BADJI Mokhtar of Annaba, Annaba, Algeria

ABSTRACT

Mosquitoes are vectors of many human diseases and cause environmental nuisances. Due to their large geographical distribution and abundance, *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata* represent the most important mosquito species in Algeria. The management of these disease vectors using conventional pesticides has failed because of the high reproductive ability, development of insecticide resistance of mosquito species and environmental pollution. These reasons are leading to a search for novel molecules. As so the product Vectobac G that is based on the naturally occurring insecticidal toxin proteins of *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) may provide economical control of mosquito larvae. Bioassay was conducted to test the larval toxicity, longevity and mosquito fecundity. The mosquitocidal activity of Bt. Vectobac G was tested at different concentrations, ranging between 5 and 25 µg/l, against the different larval stages (L1-L4) of *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. Bioassays were done on newly moulted larvae under laboratory conditions. The technical material showed a high level of activity with mortality recorded for both treated and following stages and happened after incomplete development. For the same treated series a significant decrease was also recorded in the longevity of the 4th instar and the adult. From a dose-response curve, the LC₅₀ and the LC₉₀ with their confidence limits were determined. The LC₅₀ of 16.21 µg/l and 23.98 µg/l and the values of CL₉₀ of 75.85 µg/l and 73.31 µg/l, were estimated for the both species *Cx. pipiens* and *Cs. Longiareolata* respectively. In other experiments the compound was applied at LC₅₀ and LC₉₀ against the fourth instars larvae and its effects was investigated on fecundity of female emerged from larval treated series. The results showed that Bt. vectobac G reduced significantly the laying egg number and the percentage of fecundity.

Key words: Mosquito, *Culex pipiens*, *Culiseta longiareolata*, toxicity, *Bacillus thuringiensis*.

INTRODUCTION

Culex pipiens and *Culiseta longiareolata* are considered among the most abundant mosquito species in Algeria. *Culex pipiens*, called the domestic mosquito, is present in the urban areas due to the higher number of breeding places in today's 'throw away' society practically during all the year, with preference to *Culiseta longiareolata* to be more present particularly in semi-arid areas [1; 2]. Mosquitoes are vectors of several diseases like malaria, filariasis, dengue fever, yellow fever, etc., causing serious health problems to human beings. These insects are generally controlled by conventional pesticides [3; 4]. Further, the indiscriminate use of neurotoxic insecticides caused various environmental aspects [5; 6] toxic problems to non target organisms and insecticide resistance [7]. Globally, there have been conscientious efforts to overcome these problems and great emphasis has been placed recently on enviro-friendly and economically viable methodologies for pest control. An alternative approach for mosquito control is the use of natural products such as plant and microorganisms. The microbial pesticides have

undergone extensive testing prior to registration. They are essentially nontoxic to humans, so there are no concerns for human health effects with *Bacillus thuringiensis* [8] or *Bacillus sphaericus* [9]. Extensive testing shows that microbial larvicides do not pose risk to wildlife, non-target species or the environment and retain a good activity in polluted water [10].

The mosquitocidal activity of active strains of *B. sphaericus* and *B. thuringiensis* resulted in their development as commercial larvicides. It is being used currently in many pest and vector programs for many years ago in several countries. The first insecticidal component of the *B. sphaericus* strains used in mosquito control is acting by the production of a toxin during sporulation and vegetative stages of the *Bacillus* [11; 12]. Many reports have shown that mosquito larval midgut is the primary target of the toxin [13; 14; 15], by binding to the receptor expressed on the epithelial cells and it confers toxicity [16]. In recent years, although some toxic strains have been widely used, as biopesticides in the field in mosquito control programs [17], microbial pesticide, *Bacillus species* have received much attention as potent bioactive compounds against various species of mosquitoes [8; 18; 17]. In the present study bioassay was conducted to test the larval toxicity and longevity of *Bacillus thuringiensis* vectobac G on *Culex pipiens* and *Culesita longiareolata*. In addition, its effects at LC₅₀ and LC₉₀ were studied on the fecundity of the females emerged from the treated fourth instar larvae.

MATERIALS AND METHODS

Maintenance of larvae:

Bioassays based on standard methods for testing larval susceptibility [19], were conducted in the laboratory to determine LC₅₀ and LC₉₀ of *Bt. Vectobac G* against the instars larvae of *Cx. pipiens* and *Cs. longiareolata*. Different instars larvae of the two vector species were obtained from laboratory colonies reared as previously described [1]. Larvae were reared in storage jars containing 500 ml of stored tap water and maintained at temperature between 25-27°C, 85% RH and a photoperiod of 14:10 (L:D). Larvae were daily fed with fresh food consisting of a mixture of Biscuit-dried yeast (75:25 by weight), and water was changed every four days. The feeding was continued till the larvae were transformed into the pupa stage.

Maintenance of pupae and adult:

The pupae were collected from the culture trays and were transferred to glass jars containing 500 ml of water with the help of a dipper. The jars were kept in (50 × 50 × 50 cm) size mosquito cage for adult emergence. The adults were fed with 10% sugar solution for a period of three days before they were provided by an animal for blood feeding.

Toxicological assays:

Toxin preparation used in this study was lyophilized powder of spore and crystal mixture of lysed cultures of *Bacillus thuringiensis* variety *israelensis*. Laboratory bioassays were conducted on the efficacy of a granule (G) formulation of *Bacillus thuringiensis* variety *israelensis* (Vectobac G; active ingredient [AI]: 2000 *Bti* international toxic units [ITU]/mg) at different concentrations, against newly ecdysed larvae for all different larval stages (L1 to L4) of *Culex pipiens* and *Culesita longiareolata*. In the assays, each 25 larvae were placed in a jar containing 500 ml of stored tap water. For testing, serial dilutions from the product were made from the stock to obtain the appropriate range of concentrations. For each vector species, the formulation was tested at 4 different concentrations (5, 7.5, 12.5, 25 µg/l) against the different larval developmental stage. The serial concentrations were freshly prepared on each occasion. Each concentration was applied to three jars (replicates) while three other jars were left untreated as controls. The rate of growth and development was examined and mortality was registered daily until adult emergence. The longevity of the developmental stages was carried out on the fourth larval stage of both mosquito species, after treatment with the lethal concentrations of *Cs. pipiens* and *Cs. longiareolata* (CL₅₀= 16.21 µg/l, CL₉₀=75.85 µg/l; CL₅₀ = 23.98 µg/l, CL₉₀= 73.31 µg/l respectively). The fourth, pupae and adult longevity of mosquitoes was also recorded. This was calculated by the number of days lived by the developmental stage. The emergence day and mortal days of the adults were recorded and the means were calculated to give the mean longevity in days.

Statistical Analysis:

The mortality percentage observed for each stage and concentration was corrected [20] and subjected to the probit analysis [21]. LC₅₀, LC₉₀, confidential limits and the slope were calculated [22]. Data from insecticidal tests were subjected to analysis of variance after angular transformation of observed mortality percentages.

Fecundity tests:

The fecundity experiments were conducted on the eggs of *Cx. pipiens* and *Cs. longiareolata* collected from the breeding jars of the females emerged from treated fourth larval stage with the lethal concentrations (CL₅₀ = 16.21

$\mu\text{g/l}$, $\text{CL}_{90} = 75.85 \mu\text{g/l}$; $\text{CL}_{50} = 23.98 \mu\text{g/l}$, $\text{CL}_{90} = 73.31 \mu\text{g/l}$ respectively) of the *Bt. Vectobac G* of both mosquito species. For each concentration 20 females and 20 males were kept in separate breeding cage. The laying eggs for each series were collected, counted and transferred to a new jar containing 500 ml of water and kept for larval hatching. Different parameters of reproduction; the number of egg laying, hatching rate, the fecundity, were studied. The fecundity was calculated by the number of eggs laid in ovitrap divided by number of females let to mate (20 nos.) (The death of adults in the experiments was also considered). The obtained results were subjected to a statistical analysis using the *t* test of student. Hatching Rate (HR) was calculated according to the following formula:

$$HR = \frac{\text{number of hatching eggs}}{\text{total number of eggs}} \times 100$$

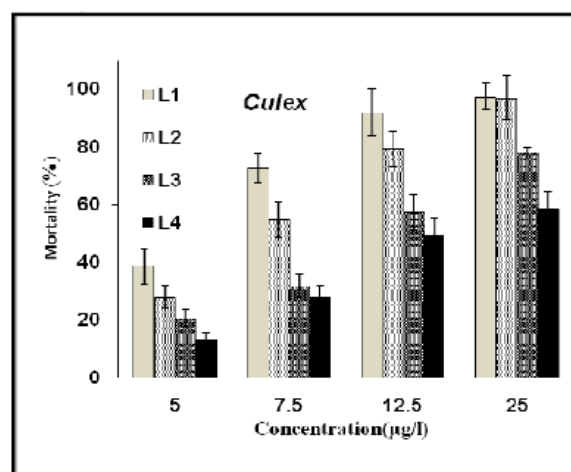
RESULTS

Insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* (Vectobac G):

Bioassays showed that *Bacillus thuringiensis* (Vectobac G) have a high toxicity against the two species, *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*. The percentage mortality of the different instar larvae (L1, L2, L3, L4) were represented in figure 1. The mortality varied with concentration for the different larval stages and the both mosquito species. Mortality was observed during the treated larval stage and the following ones. The lower concentration ($5 \mu\text{g/l}$) of *Bt. vectobac G* shows the mortality varies between 30% and 40%, further the mortality rate was found to be higher with the increased concentration and the mortality range was about 50-100% within adult emergence. The analysis of variance of the data showed a significant ($p < 0.001$) insecticidal effect with a dose response relationship. The highest concentration of *Bt. Vectobac G* ($25 \mu\text{g/l}$) tested against *Cs. longiareolata*, caused 100% mortality for first and second instar larvae and the mortality decreased within the older stages, whereas 58.66% mortality was registered for the fourth-instar larvae of *Cx. pipiens* and 52% of *Cs. longiareolata*. Furthermore it was noticed that the mortality was much higher for the first-instar larvae for all the concentrations used (Figure 1). The target mosquito species tested were extremely sensitive to the *Bt. Vectobac G* formulation, with the most sensitive species *Cs. longiareolata*. With probit, the LC_{50} and LC_{90} were calculated and the confidence limits (LCL & UCL) for all stages were estimated (Table 1).

Table 1: Toxicity of *Bacillus thuringiensis* Vectobac G) against *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata* larvae. (LC_{50} and LC_{90} , FL, $\mu\text{g/l}$)

Instar Larvae	<i>Culex pipiens</i>		<i>Culiseta longiareolata</i>	
	95% Confidence limit		95% Confidence limit	
	LCL < LC_{50} < UCL ($\mu\text{g/l}$)	LCL < LC_{90} < UCL ($\mu\text{g/l}$)	LCL < LC_{50} < UCL ($\mu\text{g/l}$)	LCL < LC_{90} < UCL ($\mu\text{g/l}$)
L1	3.7 < 5.37 < 4.7	5.4 < 13.69 < 2.1	3.9 < 4.21 < 2.5	4.23 < 8.81 < 6.50
L2	4.5 < 7.69 < 3.9	9.7 < 17.78 < 6.01	6.3 < 7.12 < 4.04	5.4 < 17 < 7.2
L3	4.1 < 11.92 < 5.2	16.3 < 38.93 < 22.7	6.4 < 11.31 < 5.5	13.4 < 37.70 < 15.2
L4	8.2 < 16.21 < 7.9	13.1 < 75.85 < 25.7	11.5 < 23.98 < 13.6	19.7 < 73.31 < 13.7



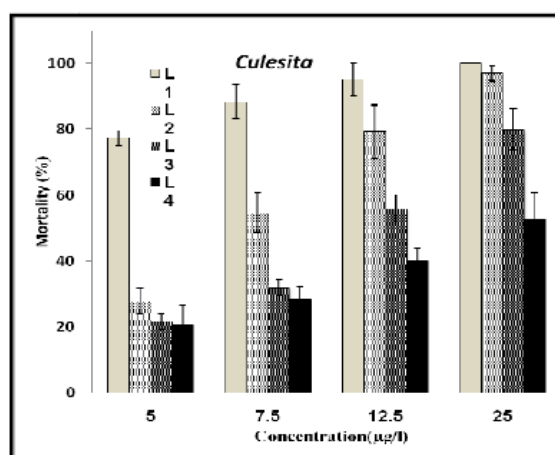


Figure 1: Concentration-response relationship of treatment of the *Bacillus thuringiensis* Vectobac G applied to newly eclosed larvae of *Culex pipiens* & *Culex longiareolata*. (Means $\pm$ SD, n = 25)

Longevity of mosquito developmental stages:

Table 2 shows the effect of *Bt. Vectobac G* on the adult longevity of the different developmental stages of *Cx. pipiens* and *Cs. longiareolata* after the treatment with their lethal concentrations (CL_{50} and CL_{90}). Exposure of the fourth instar larvae of both species caused no difference in the duration of the all larval stages except with the LC_{90} . The following pupal stage no difference was recorded in the duration for all concentrations. However the adult longevity of both mosquito species was considerably reduced by the treatment of *Bt. Vectobac G*. The longevity was reduced to 30 days at CL_{50} and 27 days in *Cx. pipiens*. For *Culex* species the duration was reduced significantly to 29 days at the LC_{50} and to 23 days at CL_{90} whereas the longevity of the control was 32 days.

The Effect of *Bt. Vectobac G* on reproduction was evaluated on different parameters, of the females emerged from the treated fourth instar larvae of *Cx. pipiens* and *Cs. longiareolata* and presented in table 3. Fecundity was highly reduced after the treatment of *Bt. Vectobac G*. The number of eggs laid was inversely proportional to the concentration in treatment. For *Cx. pipiens* the number of eggs laid was reduced from 1332 to 988 and 696 as the concentration was increased, from CL_{50} to CL_{90} . The same observation was recorded for *Cs. longiareolata*, where the egg number decreased from 1675 to 1521 and 1210 under treatment effect of CL_{50} and CL_{90} respectively (Table 3). For the same series of experiments the hatching rates was calculated and showed a significant decrease according to the treatment of *Bt. Vectobac G* (Table 3). The fecundity was also highly reduced after the treatment of *Bt. Vectobac G*. The number of eggs laid was inversely proportional to the concentration in treatment. The number of eggs was reduced from 118 to 14 as the concentration was increased. The fecundity for both species was also affected and a significant decrease was obtained for the two lethal concentrations (Table 3).

Table 2: Effect of *Bacillus thuringiensis* Vectobac G on the longevity of developmental stages; after treatment with the lethal concentrations (CL_{50} & CL_{90}), of 4th instar larvae of *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata*
Means ($\pm$ Standard deviation) followed by the same letter indicate a significant difference ($P < 0.05$). (n = 25-75)

Stage	Longevity of the developmental stages (day)					
	<i>Culex pipiens</i>			<i>Culiseta longiareolata</i>		
	Control	$CL_{50} = 16.21$ $\mu g/l$	$CL_{90} = 75.85$ $\mu g/l$	Control	$CL_{50} = 23.98$ $\mu g/l$	$CL_{90} = 73.31$ $\mu g/l$
L4	6.50 ^a	6.80	7.33 ^a	5.66 ^{ab}	6	6.66 ^a
Pupae	3.53	3.43	3.43	3.30	3.33	3.43
Adult	38.33 ^{ab}	30.53 ^{ab}	27.5 ^{ab}	32 ^{ab}	29 ^{ab}	23.53 ^{ab}

Table 3: Effect of *Bacillus thuringiensis* Vectobac G on reproduction of the females emerged from the treated fourth instar larvae of *Culex pipiens* (n= 20 females)
Means followed by the same letter indicate a significant difference ($P < 0.005$)

Treatment	N° egg laid	Hatching rate (%)	Fecundity
Control	1332 ^a	96.84 ^a	66.6 ^a
$CL_{50} = 16.21 \mu g/l$	988 ^{ab}	75.40 ^{ab}	49.4 ^{ab}
$CL_{90} = 75.85 \mu g/l$	696 ^{ab}	55.02 ^{ab}	34.8 ^{ab}

Table 4: Effect of *Bacillus thuringiensis* Vectobac G on reproduction of the females emerged from the treated fourth instar larvae of *Culiseta longiareolata* (n= 20 females)Means followed by the same letter indicate a significant difference ($P < 0.005$)

Treatment	N° egg laid	Hatching rate (%)	Fecundity
Control	1675 ^a	97.41 ^a	83.75 ^a
CL ₅₀ = 23.98 µg/l	1521 ^{ab}	81.93 ^{ab}	75.05 ^{ab}
CL ₉₀ = 73.31 µg/l	1210 ^{ab}	59.92 ^{ab}	60.50 ^{ab}

DISCUSSION

Mosquito control is a vital public-health practice throughout the world and especially in the tropical zones because mosquitoes spread many diseases. In the present context of integrated vector control, due to rapid increase in mosquito resistance and growing public concern over environmental pollution, use of chemical insecticides for mosquito control is no longer encouraged; rather use of effective and eco-friendly alternatives is promoted. A program on biological control of mosquitoes, virulence prospecting and evaluation of new isolates is one of the most important steps taken to determine their effect on target populations, and thereby selecting the most promising ones for producing biological insecticides. Much of the work carried out to evaluate *Bacillus thuringiensis* effects against different natural enemies has been done [23; 8], with particular commercial product and has been developed as an insecticide rather than predators in the laboratory rather than the field [24]. *Bacillus thuringiensis* ssp. *israelensis* (Bti) is one of the bacterial bioinsecticides, presents an alternative for controlling several mosquito species [25; 26; 27]. *B. thuringiensis* subsp. *israelensis* produces a component of a spherical parasporal body and composed of four main toxin proteins, Cyt1Aa, Cry4Aa, Cry4Ba, and Cry 11Aa. The primary insecticidal component of the *B. sphaericus* strains used in mosquito control operations is a binary toxin (Bin) [28; 11; 12] produced during sporulation and vegetative stages of the *Bacillus*. Many studies have shown that mosquito larval midgut is the primary target of the binary toxin. After ingestion by susceptible larvae, crystals are solubilised in the midgut and two proteins are released [13; 14], and cleaved by endogenous proteases to form active toxin [15; 16]. The efficacy and safety characteristics of this bacterial agent have made it a suitable candidate for large-scale production and field-testing. There is no report of resistance development in vector mosquitoes to this bacterium unlike *Bacillus sphaericus* to which development of resistance is already reported [29; 30]. The toxicity assays conducted under laboratory conditions on *Cx. pipiens* and *Cs. longiareolata* larvae indicated that *Bt. Vectobac G* exhibited a larvicidal activity when applied to newly ecdysed larvae for 24 h. The same effects were found when the *Bacillus sphaericus* was used against *Anopheles stephensi* [31]. The target mosquito species tested were extremely sensitive to the *Bt. Vectobac G* formulation, with the most sensitive species *Culiseta longiareolata*. Some larvae survived in the short term and continually died through the following larval stages and after emergence. Many factors might influence such delayed effects, including genetics, the number of bacteria ingested, the degree of larval midgut damage, and the mode of action of the used toxin [32; 8]. However some larval mosquitoes may survive to the treatment restore any more damage caused by the toxin, develop resistance and grow normally. Previous study indicated that some components of Bin toxin synergistically bind to a single class of specific receptors present on larval midgut [33], cause a formation of pores in the epithelial cell membrane through an unknown mechanism [34] and then induce the death of larvae. However, other toxins act by modifying a large array of proteins by its ADP-ribosylation. These modified proteins, being essential for the growth and effect later the development, resulting in abnormal emergence or death [35].

In the present study, *Bt. Vectobac G* treatment reduced the larval duration, non the pupal and introverted the adult emergence. Those treated larvae escaped from mortality showed reduced longevity. The adult which emerged from treated larvae were morphologically normal but showed a great reduction in fecundity. the same results were mentioned when the *Bacillus sphaericus* was tested against malaria vector *Anopheles stephensi* [31]. Many reports show changes in fecundity after treatment with *B. thuringiensis* [36; 37; 38]. Combined treatment of *Bacillus thuringiensis* with neem and pongamia showed an adult mortality and reduction in fecundity in *Culex quinquefasciatus* after the treatment with *B. sphaericus* (GR strain) [39]. From the present study we conclude that *Bt. Vectobac G* proved good larvicidal agent against *Cx pipiens* and *Cs. longiareolata* larvae in laboratory and also reduced the longevity of different developmental stages, egg productions and fecundity.

REFERENCES

- [1] N. Rehim, N. Soltani, *J. Appl. Ent.* 1999, 123, 437.
- [2] N. E. Djeghader, H. Boudjelida, A. Bouaziz, N. Soltani, *Advances in Applied Science Research*, 2013, 4(4), 449.
- [3] F. Tine-Djebar, N. Soltani, *Synthèse*, 2008, 18, 23.
- [4] H. Boudjelida, A. Bouaziz, T. Soïn, G. Smagghe, N. Soltani, *Culex pipiens. Pest. Biochem. Physiol.*, 2005, 83, 123.
- [5] N. Soltani, N. Rehim, H. Drardja, F. Bendali, *Ann. Soc. Ent. France*, 1999, 35, 59.

- [6] A. Bouaziz, H. Boudjelida, N. Soltani, *Annals of Biological Research*, 2011, 2 (3), 134.
- [7] S. Berchi, *Bull. Soc. Ent. France*, 2000, 105 (2), 125.
- [8] H. Boudjelida, L. Aïssaoui, A. Bouaziz, G. Smagghe, N. Soltani, *Journal of comm. Applied Biol. Sci. Ghent University*, 2008, 73(3), 603.
- [9] K. Gunasekaran, P.S. Boopathi Doss, K. Vaidyanathan, *Acta Tropica*, 2004, 92, 109.
- [10] M.C. Wirth, N. Yang, W.E. Walton, B.A. Federici, C. Berry, *Applied and Environmental Microbiology*, 2007, 73 (19), 6066.
- [11] B.A. Federici, P. Lüthy, J.E. Ibarra, The parasporal body of *Bti* structure protein composition, and toxicity, In H. De Barjac and D. J. Sutherland (ed), Rutgers University Press, New Brunswick, N.J., 1990.
- [12] J. Ibarra, B.A. Federici, *J. Bacteriol.*, 1986, 165, 527.
- [13] C. Arapinis, F. de la Torre J.N. Szulmajster, *Nucl. Acids Res.*, 1988, 16, 7731.
- [14] C. Berry, J. Jackson-Yap, C. Oei, J. Hindley, *Nucl. Acids Res.*, 1989, 17, 7516.
- [15] P. Baumann, M.A. Clarck, L. Baumann, A.H. Broadwell, *Microbiol. Rev.*, 1991, 55, 425.
- [16] I. Darboux, C. Nielson-Le Roux, J.F. Charles, D. Pauron, *Insect. Biochem. Mol. Biol.*, 2001, 31, 981.
- [17] D. Radhika, A. Ramathilaga, C. Sathesh Prabu, A.G. Murugesan, *Proceedings of the Intern. Acad. Ecol. and Environ. Sc.*, 2011, (3-4), 169.
- [18] S. Chatterjee, T. Subhra Ghosh, S. Das, *African J. Biotech.*, 2010, 9(41), 6983.
- [19] WHO. A community action programme. Geneva, Switzerland. 1991, 29.
- [20] W.B. Abbott, *J. Econ. Entomol.*, 1925, 18, 265.
- [21] D.J. Finney, *Probit analysis* 3rd ed, Cambridge University Press, London, G.B. 1971.
- [22] S. Swaroop, A.B. Gilroy, K. Uemura, *Statistical methods in malaria eradication. Geneva: World Health Organisation*. 1966.
- [23] S.B. Vinson, (1989). *Safety of Microbial Pesticides* (eds M. Laird, L. A. Lacey & A. W. Davidson), CRC Press, Boca Raton, FL. 1989.
- [24] B.A. Croft, J.L. Flexner, *Arthropod Biological Control Agent and Pesticides*, (5ed) B. A. Croft), John Wiley and Sons, New York, 1991.
- [25] C.M. Ignoffo, C. Garacia, M.J. Kroha, T. Fukuda, T.L. Couch, 1981. *Mosq. News*, 1981, 37, 355.
- [26] A. Ali, W.S. Sauerma, J.K. Nayar, *Fla. Entomol.* 1984, 67, 193.
- [27] H. De Barjac, D.J. Sutherland, *Bacterial control mosquitoes and black flies*. Rutgers Univ. Press, New Brunswick, NJ, 1990.
- [28] C. Oei, J. Hindley, C. Berry *J. Gen. Microbiol.*, 1992, 138, 1515.
- [29] D.R. Rao, T.R. Mani, R. Rajendran, A.S. Joseph, A. Gajanana, R. Reuben, *J. Am. Mosq. Control. Assoc.*, 1995, 11: 1-5.
- [30] C. Nielsen-Leroux, J.F. Charles, I. Thiery, G.P. Georgiou, *Eur. J. Biochem.*, 1995, 15, 206.
- [31] N.A. kumar, K. Murugan, K. hobana, D. Abirami, *Scientific Research and Essay*, 2013, 8(11), 425.
- [32] S. Wei, Q. Cai, Z. Yuan, *J. Medical Entomology*, 2006, 43(3), 726.
- [33] M.H. Silva-Filha, C. Nielsen-Le Roux, J.F. Charles, *Eur. J. Biochem.*, 1997, 247, 754.
- [34] J.L. Schwartz, L. Potvin, F. Coux, J.F. Charles, C. Berry, M.J. Humphreys, A.F. Jones, I. Bernhart, M. Dalla Serra, G. Menestrina, *J. Membr. Biol.*, 2001, 184, 171.
- [35] J. Schimer, H.J. Wieden, M.V. Rodnina, K. Aktories. *Appl. Environ. Microbiol.*, 2002, 68, 4894.
- [36] K. Murugan, P. Thangamathi, D. Jeyabalan, *J. Sci. Ind. Res.*, 2002, 61, 1068.
- [37] K. Murugan, R. Vahitha, I. Baruah, S.C. Das, *Ann. Med. Entomol.*, 2003, 12, 11.
- [38] S. Poopathi, B.K. Tyagi, *Appl. Entomol. Zool.*, 2002, 37(3), 365.
- [39] R. Makowski, (1993). *Ecol. Epidemiol.*, 1993, 83, 1229.

Résumé

Les travaux entrepris sur le terrain et en laboratoire représentent une première approche à la connaissance des conditions physico-chimiques des différents gîtes et de l'écologie et la systématique de la faune Culicidienne dans la région de Tébessa. L'étude systématique des moustiques a permis d'identifier les espèces Culicidienne présents au niveau des différentes stations sélectionnées (Tébessa, El Hammamet, Morsott, Ouenza et Mrij). L'analyse physico-chimique de l'eau des gîtes, est réalisée dans le but d'expliquer la distribution spatio-temporelle des espèces de Culicidae. D'autre part Les indices écologiques ont étudiés afin de déterminer l'abondance, la fréquence et la dominance des espèces inventoriés.

La systématique des moustiques de la région d'étude révèle la présence de 24 espèces répartis sur deux sous familles ; les Anophelinae et les Culicinae, qui appartiennent à 5 genres, *Culex*, *Culiseta*, *Aedes*, *Anopheles* et *Uranotaenia*. Le genre *Culex* est représenté par *Culex hortensis*, *Culex perexiguus*, *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex antennatus*, *Culex deserticola*, *Culex pusillus*, *Culex laticinctus*, *Culex modestus*, *Culex torrentum*, *Culex mimeticus*, *Culex univittatus*, *Culex pipiens molestus*, *Culex territans*, *Culex impudicus*, le genre *Aedes* par *Aedes dorsalis*, *Aedes caspius*, *Aedes vexans*, *Aedes aegypti*, et le genre *Culiseta* par *Culiseta longiareolata*, *Culiseta annulata* et *Culiseta subochrea*. Pour le genre *Anopheles* et *Uranotaenia* une seule espèce pour chaque a été identifiée: *Anopheles labranchiae* et *Uranotaenia unguiculata*. Au vu des paramètres physico-chimique étudiés, le genre *Culex* semble être attiré par les eaux riches en matières organiques, ce qui se traduit par un développement rapide et une prolifération intense dans la région. En effet les fortes densités sont cumulées aux apports en matières organiques. L'analyse des résultats des indices écologique telque l'abondance relative révèle que les espèces les plus abondante sont *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*.

Le deuxième chapitre est destiné l'évaluation toxicologique d'une formulation du *Bacillus thuringiensis* Vectobac G à l'égard des stades du développement larvaires des deux espèces de moustiques, les plus abondantes dans la région de Tébessa, *Culex pipiens* et *Culiseta longiareolata*. Les résultats de toxicité mettent en évidence l'effet toxique du produit avec une relation dose- réponse. L'activité des concentrations létales (CL50 & CL90) du *Bt. Vectobac G* a été étudié sur le potentiel reproducteur et la longévité des femelles émergées des larvaires L4 traitées. Les résultats ont montrés que le *Bt. Vectobac G* provoque une perturbation de la reproduction, par la réduction de la fécondité, et une diminution de la longévité des adultes pour les deux espèces.

Abstract

The research conducted in field and under laboratory conditions, was to analyze the physico-chemical conditions of the sites and to study the ecology and the systematic of the Culicidae. The systematic survey permit to identify the different species of the mosquitoes of the chosen sites (Tébessa, El Hammamet, Morsott, Ouenza and Mrij). The physico-chemical analysis of water sites can explain the spatio-temporal distribution of Culicidae species. In the other hand the ecological indices have been determined to study the abundance, frequency, and the dominance of the inventoried species.

The systematic of the mosquitoes of the studied the presence region revealed the presence of 24 species distributed in 2 under families ; the Anophelinae and the Culicinae, belonging to 5 genres, *Culex*, *Culiseta*, *Aedes*, *Anopheles* et *Uranotaenia*. The genus *Culex* is represented by *Culex hortensis*, *Culex perexiguus*, *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex antennatus*, *Culex deserticola*, *Culex pusillus*, *Culex laticinctus*, *Culex modestus*, *Culex torrentum*, *Culex mimeticus*, *Culex univittatus*, *Culex pipiens molestus*, *Culex territans*, *Culex impudicus*, le genre *Aedes* par *Aedes dorsalis*, *Aedes caspius*, *Aedes vexans*, *Aedes aegypti*, and the genus *Culiseta* by *Culiseta longiareolata*, *Culiseta annulata* et *Culiseta subochrea*. For the genus *Anopheles* and *Uranotaenia*, only one species was identified for both of them: *Anopheles labranchiae* and *Uranotaenia unguiculata*.

From the physico-chemical parameters studied, the *Culex* seemed to be more attracted by the rich water in organic matters, which is translated by the rapid development and the intensive proliferation in the region. The analysis of the ecological indices, like relative abundance, revealed that *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata* are the the most abundant species.

The second chapter was focused on the toxicological evaluation of the formulation of *Bacillus thuringiensis* Vectobac G against the the larvae L4 of the two abundant species *Culex pipiens* and *Culiseta longiareolata* in the area of Tébessa. The results of the essays showed a high toxicity of *Bt. Vectobac G*, on the treated larvae with a relation dose-response. The activities of the lethal concentrations (CL50 & CL90) were studied on the potential reproduction and the longevity of the female emerged from the treated fourth instar larvae. The results showed that the *Bt. Vectobac G* caused a perturbation of the reproduction, by the reduction of fecundity and reduction in the longevity of the adult female; of both species.

ملخص

الابحاث التي تمت في هذه الدراسة سواء في الميدان او على مستوى المخبر عبارة عن دراسة اولية للتعرف على مختلف المواقع المدروسة و مميزات البيئية المؤثرة في البعوضيات. اجريت الدراسة التصنيفية على البعوض المصطاد في اطواره اليرقية و الكاملة على مستوى خمس مواقع مختلفة (الحمامات, تبسة, مرسط, ونزة و المريج) و قد تم تعيين المؤشرات البيئية لمعرفة وفرة و توزيع انواع البعوض في المواقع المدروسة حيث لوحظ ان النوع *Culiseta longiareolata* هو النوع السائد في المنطقة.

خلال هذا العمل تم التعرف على أنواع البعوض الموجودة بمنطقة تبسة و التي تتدرج تحت 5 أجناس هي جنس *Uranotaenia*, *Anophele*, *Aedes*, *Culiseta*, *Culex* تشمل على 24 نوع: *Aedes dorsalis*, *Aedes caspius*, *Aedes vexan*, *Aedes aegypti*, *Culex hortensis*, *Culex perexiguus*, *Culex pipiens*, *Culex theileri*, *Culex antennatus*, *Culex deserticola*, *Culex pusillus*, *Culex laticinctus*, *Culex modestus*, *Culex torrentum*, *Culex mimeticus*, *Culex univittatus*, *Culex pipiens molestus*, *Culex territans*, *Culex impudicus*, *Culiseta longiareolata*, *Culiseta annulata*, *Culiseta subochrea*, *Anophelel abbranchiae*, *Uranotaenia unguiculata*.

تعتبر كل من *Culiseta longiareolata* و *Culex pipiens* الأنواع الأكثر انتشارا حيث سجلنا تواجدهما في كل أماكن الدراسة، لهذا تم اختيار هذان النوعان لدراسة تأثير الـ *Bacillus thuringiensis Vectobac G* باستعمال تراكيز مختلفة و تحديد التركيز المميت (LC50 و LC90) على مختلف الأطوار اليرقية.

أعطت الاختبارات السمية، نتائج متباينة تم فيها تسجيل معدلات موت تختلف باختلاف الطور اليرقي و التراكيز المستعملة، حيث لوحظ أن الأطوار الحديثة (الطور الأول و الطور الثاني) هي الأكثر حساسية *Bacillus* بالمقارنة مع الأطوار المتقدمة (الطور الثالث و الرابع). كما تعتبر يرقات *Culiseta longiareolata* هي الأكثر مقاومة للـ *Vectobac G* مقارنة بـ *Culex pipiens* بالإضافة إلى تأثير هذا الأخير على مدة الطور اليرقي لدى كل من النوعين المدروسين. تضمنت الدراسة اضافة الى تأثير *Vectobac G* على يرقات الطور الرابع لبعوض *Culiseta longiareolata* و *Culex pipiens* تأثيره من الناحية التكاثرية للإناث الناتجة عن المعالجة حيث ظهر تأثيرها من خلال انخفاض في نسب فقص البيوض الموضوعة و بالتالي نقص في مؤشر الخصوبة وذلك تبعا للتراكيز المستعملة من المبيد.

